

# مبادئ الصناعات الكيميائية



الدكتور  
محمد مجدي واصل

دار النشر للجامعات







مبادئ

الصناعات الكيميائية



**بطاقة فهرسة**  
**فهرسة أثناء النشر إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية**  
**إدارة الشؤون الفنية**

واصل، محمد مجدي  
مبادئ الصناعات الكيميائية/ د. محمد مجدي واصل  
ط ١ - القاهرة: دار النشر للجامعات، ٢٠١٣.  
٣٣٦ ص؛ ٢٤ سم.  
تدمك ٤ ٤٢٩ ٣١٦ ٩٧٧ ٩٧٨  
١ - الصناعات الكيميائية  
أ - العنوان  
٦٦١

تاريخ الإصدار: ١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣ م

حقوق الطبع: محفوظة للناسر

رقم الإيداع: ١٩٥٧٦ / ٢٠١٢ م

الترقيم الدولي: 4 - 429 - 316 - 977 - 978 ISBN:

الكوود: ٢ / ٢٨١

تخذير: لا يجوز نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأي شكل من الأشكال أو بأية وسيلة من الوسائل (المعروفة منها حتى الآن أو ما يستجد مستقبلا) سواء بالتصوير أو بالتسجيل على أشرطة أو أقراص أو حفظ المعلومات واسترجاعها دون إذن كتابي من الناسر.

**دار النشر للجامعات**



الإدارة: ١٢ ش رشدي (يسرج جوهر) - تلفسكس: ٢٣٩٢٩٨٧٨

المكتبة والتسويق: ١٤ ش الجمهورية - عابدين - ت: ٢٣٩١٢٤٢٠

ص ب (١٣٠) محمد فريد (الفسكس) القاهرة ١١٥١٨

E-mail: darannshr@yahoo.com - web: www.darannshr.com



**مبادئ**

# **الصناعات الكيميائية**

**أ.د. محمد مجدي واصل**

**أستاذ الكيمياء الفيزيائية  
كلية العلوم - جامعة الأزهر**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## الاهداء

إلى روح أبي وأمي.....

إلى زوجتي وأولادي.....

إلى أحفادي.....

(نور الدين، ومحمد، وجنى، وجنى، ورواج)

إلى كل الباحثين والدارسين.....

في مصر والعالم العربي.....

أ. د. محمد مجدي واصل



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿رَبَّنَا لَا تُؤَاخِذْنَا إِنْ نَسِينَا أَوْ أَخْطَأْنَا﴾ [البقرة: 286]

اللهم ذكرني ما نسييت

وعلمني ما جهلت

وانفعني بما علمتني

يا رب



## حكمة

• قال حكيم لأحد تلاميذه : ما خير ما

يرزق العبد ؟

• قال : عقل يعيش به في الناس ..

• قال : فإن لم يكن ؟

• قال : فآدب يتحلى به ..

• قال : فإن لم يكن ؟

• قال : فمال يستره ..

• قال : فإن لم يكن ؟

• قال : فصاعقة تنزل عليه من

السماء ، تحرقه فتريح منه البلاد

والعباد .

\*\*\*



## المقدمة

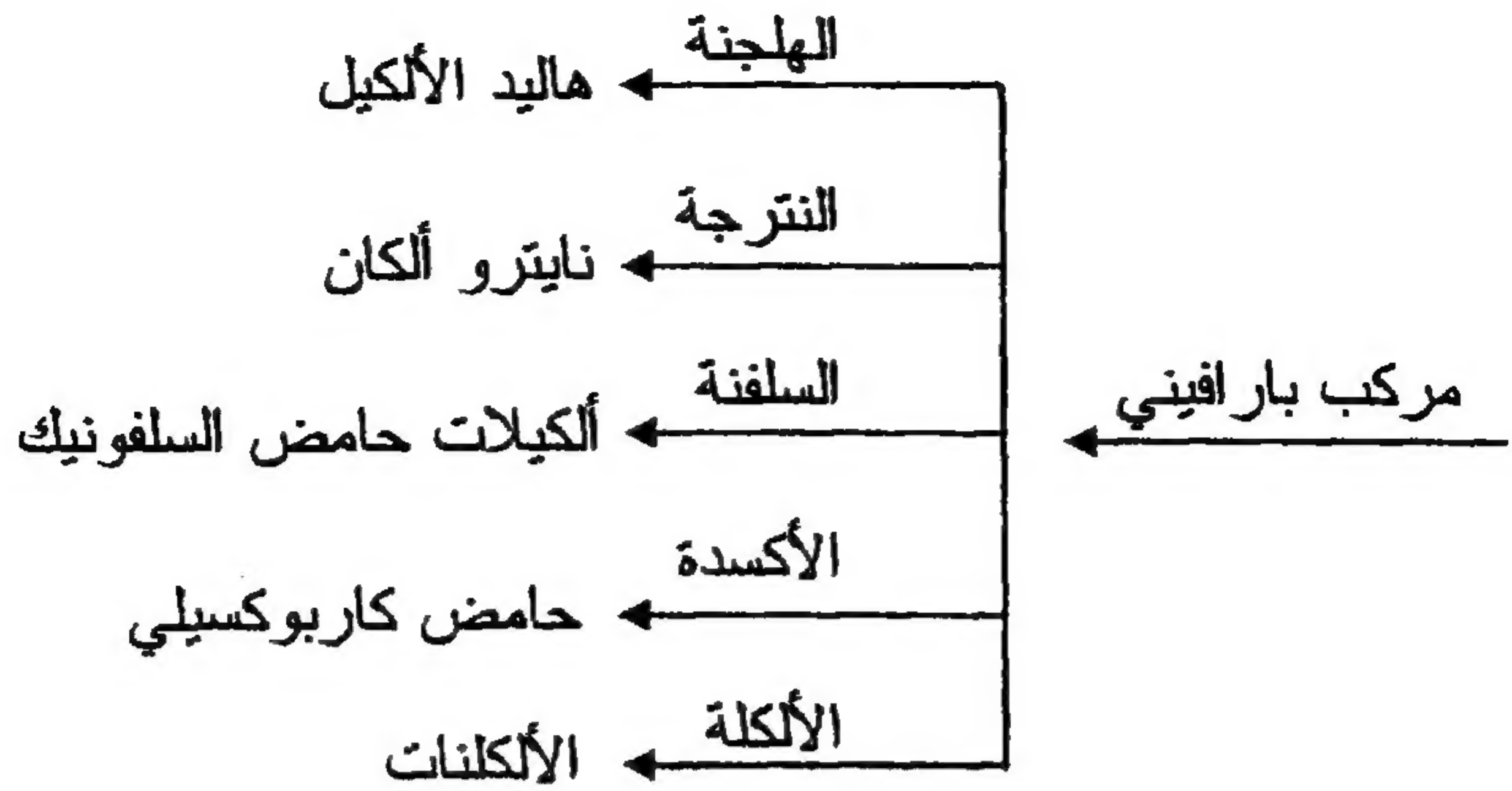
تلعب الصناعات المختلفة بصورة عامة دوراً مهماً في دعم الاقتصاد الوطني والتقدم الحضاري للدول، وقد ظهر ذلك جلياً في العصر الحديث؛ إذ يقاس تقدم الدول بمدى تطور صناعاتها المختلفة .

ومن المعروف أن الصناعات بكاملها والاقتصاد الوطني شيان متلازمان، بحيث تعتبر الصناعات عاملاً مهماً في زيادة الدخل الوطني ، ويدعم الاقتصاد الوطني بدوره تطوير الصناعات وتقدمها .

وتمثل الصناعات الكيميائية، والتي هي جزء من الصناعات المختلفة الواسعة، قطاعاً مهماً من قطاعات الصناعات الحديثة المتطورة ، وقد بينت الإحصائيات - خاصة في النصف الثاني من القرن العشرين - أن الصناعات الكيميائية تلعب دوراً بارزاً وحيوياً في نمو الاقتصاد الوطني في كثير من البلدان الصناعية الكبيرة والنامية على السواء .

وإضافة إلى ذلك تتم التفاعلات الكيميائية على الأغلب في أجهزة مغلقة، بواسطة أجهزة التحكم والسيطرة الذاتية وغير الذاتية ( غير الأتوماتيكية )، بما يعني السيطرة على سير التفاعلات وتهيئة الظروف الملائمة، مع إمكانية إيقاف التفاعل الكيميائي في الوقت المناسب .

وتتعد الطرق الكيميائية لتحضير مجموعة من المركبات الكيميائية من مادة واحدة؛ حيث يمكن تحضير عدة مركبات عضوية من مركب پارافيني واحد كما هو مبين فيما يلي :



وتعتمد الصناعات الكيميائية الحديثة على المحركات الذاتية أي المكننة الأتوماتيكية التي يمكن الاستعاضة بها عن كثير من الأيدي العاملة التي يمكن الاستفادة منها في مجالات أخرى .

كما أن المنتجات الطبيعية، كالمعادن والخشب والألياف الصوفية والقطنية والجلود وغيرها، أصبحت لا تفي بمتطلبات الزيادة الهائلة والمستمرة في السكان؛ لذا دعت الضرورة إلى إيجاد منتجات صناعية كيميائية بديلة لسد النقص في المنتجات الطبيعية ولتحل محلها تدريجيًا .

وأصبح توفير المواد الغذائية في العالم مشكلة أساسية ملحة مع الزيادة الهائلة في السكان، وقد دخلت الصناعات الكيميائية هذا المجال أيضًا للمساهمة في حل هذا المشكلة العالمية بإيجاد وسائل وطرق متنوعة لزيادة الإنتاج الزراعي ورفع خصوبة الأرض .

ويتم ذلك بتحضير أنواع من الأسمدة الكيميائية والمبيدات الحيوية، خاصة الحشرية؛ للقضاء على الآفات والأمراض الزراعية، وكذلك تحضير



مواد غذائية بالطرق الكيميائية الخاصة مثل: البروتينات، والشحوم والزيوت من النفط الخام، أو المصادر الأخرى .

كما تعتبر الكلفة النهائية للمنتجات الكيميائية منخفضة نسبياً مقارنة بالمنتجات الطبيعية والصناعية الأخرى .

ونظراً لتعدد الخامات الأساسية وتنوعها والتي يمكن استعمالها في الصناعات الكيميائية أصبحت فرصة إنتاج مادة كيميائية معينة بطرق اقتصادية وتقنية بسيطة ممكنة ، فمثلاً يمكن اختيار النفط، أو فحم الكوك، أو الغاز الطبيعي في صناعة المنتجات التركيبية المختلفة .

وتتميز الصناعات الكيميائية عن غيرها من الصناعات الأخرى بإمكانية السيطرة على نوع المنتج ، فعند إجراء التفاعلات الكيميائية توجد مجموعة من العوامل التي تؤثر على سير خطوات التفاعل، ويمكن عن طريقها السيطرة على نوع ونوعية المنتج .

وتشمل هذه العوامل التأثيرات الفيزيائية من درجات الحرارة، والضغط والزمن.

وأحد القطاعات الأكثر انتشاراً في الصناعة الكيميائية هو تلك المواد التركيبية التي تشمل منتجات اللدائن والمطاط الصناعي والألياف الصناعية وتكون سرعة نمو المواد التركيبية الجديدة ضخمة جداً .

وقد حاولت جاهداً في هذا الكتاب ( مبادئ الصناعات الكيميائية ) وضع صورة مبسطة لبعض الصناعات الكيميائية التي تهم الفرد في المجتمع، وتمس

احتياجاته، وذلك من خلال اثني عشر بابًا ، وهي ( أهمية الصناعات الكيميائية - العمليات الفيزيائية في الصناعات الكيميائية - صناعة السكر - صناعة الألبان - الصناعات الغذائية الحديثة - صناعة الصابون - صناعة المنظفات الصناعية - صناعة الروائح العطرية - صناعة الدهون والزيوت - صناعة الأحماض الدهنية - صناعة وقود المشتقات البترولية - الطاقة والتفاعلات الصناعية الكيميائية).

وأرجو أن أكون قد حالفني التوفيق في وضع هذا الكتاب في الصورة الملائمة لكي يكون إضافة إلى المكتبة العربية، ولكي يستفيد منه الجميع.

والله ولي التوفيق .

أ . د . محمد مجدي واصل  
أستاذ الكيمياء الفيزيائية  
كلية العلوم - جامعة الأزهر



## الباب الأول

### أهمية الصناعات الكيميائية

#### 1- مميزات الصناعات الكيميائية :

بالرغم من أن الصناعة الكيميائية موسومة بتنوع واسع، وتصريف سهل واضح المعالم، غير أن لها بعض المميزات الخاصة بقاعدتها الموضوعية وهي الحصول على المكاسب باستمرار، وهي مماثلة لما في الصناعات الأخرى - وتشمل المميزات الخاصة والعلاقات المتبادلة في الصناعة الكيميائية المجالات التالية :

#### المنافسة :

الصناعة الكيميائية صناعة تنافسية جدًا ، ويمكن ملاحظة هذه الحقيقة بدرجة كبيرة على مستوى الشركات العالمية الكبيرة التي تصنع منتجات مماثلة، وتكون هذه المنافسة على نوعين :

أولهما : تشمل المنافسة بين شركات تنتج وتبيع المنتج نفسه . وتكون القاعدة الحجمية الكبيرة للصناعات الكيميائية العضوية أو اللاعضوية هي السلع الأساسية التي تباع بسعر يفرضه السوق .

وهناك اختلاف بين مختلف المنتجين في نوعية الإنتاج أو الخدمة التقنية المتيسرة إلى الزبائن ، والشركة التي ينقصها عنصر الخام الأساسي، أو تنقصها طريقة التقنية الضرورية لمنافسة أسعار الإنتاج لا تتمكن بسهولة أن تنافس في هذا النوع من السوق بفاعلية .

والنوع الآخر من المنافسة هو بين منتجات مختلفة ، كإشراء بعض المنتجات الكيميائية لتؤدي فعالية خاصة مثل: فعل مادة مقاومة للأكسدة لقتل البكتريا، أو لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، وكثيراً ما توجد منتجات مختلفة تبدي فعاليات متماثلة .

وهذه المنتجات لها صفات متباينة كالدرجات المتباينة في الفعالية والأسعار ، وبالرغم من اختلاف المنتجات التي تعطي مجال الاختيار لأداء الفعالية نفسها فإن المنتجات تكون في منافسة فيما بينها ، ويكون عرض الناتج الحقيقي والسعر والخدمة والتقنية إلى المشتري في هذا النوع من السوق عناصر مهمة في إنجاح الناتج .

### التقنية :

إن الصناعات الكيميائية - لإمكانية إنتاجها الفائقة وضمان الربح في خط الإنتاج - تعتمد كثيراً على التقنية والمعرفة العلمية وأسسها ، وقد تشترك هذه الصفة في هذا المجال مع مؤثرات أخرى واسعة النطاق .

وبسبب المنافسة الحادة وحركية التقنية الكيميائية وتقدمها الثابت توجد سرعة عالية في تغيير الطرق والمنتجات ، ويستلزم ذلك شرطاً أساسياً رصيناً ومستمرّاً في إنفاق رأس مال جديد وتخصيص مجال واسع في بحث المناهج وتطويرها .

### البحث والتطوير :

تتفق صناعة المنتجات الكيميائية مقارنة بالصناعات الأخرى مقداراً كبيراً من رأس مالها على البحث والتطوير، إلى جانب هذا الاستثمار في البحث والتطوير توجد أسباب ترتبط بالتغيير التقني المفاجئ والسرعة العالية في تغيير المنتجات وطرقها .



## متطلبات رأس المال :

تحتاج الصناعات الكيميائية إلى مبالغ طائلة من النقد للتشيد الجديد أو لتوسيع ودائع الإنتاج ، ويرتبط استغلال رأس المال للإنتاج بعدد من العوامل :

- 1- يجب أن يكون متماسكاً مع سرعة نمو الصناعة الكيميائية .
  - 2- وأن يعكس السرعة العالية في تغيير الطرق والمنتجات الكيميائية . ويخص الغير طبيعة الخطط الكيميائية - التجهيزات الكيميائية - وهي اعتيادياً تكون متخصصة ومعقدة، وتستلزم أدوات متطورة جداً مع استخدام مواد خاصة في التركيب ، إضافة إلى ذلك تحتاج الخطط الكيميائية إلى مقدار كبير من الخدمات الأساسية، مثل: القوة الكهربائية، والبخار، والتبريد، ونظام توزيع الماء، وتصريف الفضلات .
  - 3- ويشجع المقياس الاقتصادي الشركات الكيميائية في توظيف ودائعها الإنتاجية أكثر وأكثر ، كما أن كلفة الخطة الإنتاجية لكثير من الطرق لا تسير بشكل مستقيم مع حجم الإنتاج وطاقته .
- ويُعتمد بعض التكاليف، مثل: كلفة الآلات على الحجم، وتزداد تكاليف بعضها كأسعار المفاعلات وأعمدة التقطير تقريباً مع زيادة سعتها إلى الأس المربع - المكعب ، ويسمى الأخير بقانون التربيع المكعب .
- وينسب على الحقيقة بأن الكلفة ترتبط مع المساحة السطحية للجهاز في حين ترتبط سعة الإنتاج مع حجم الجهاز، والنتيجة الإجمالية هي أن مضاعفة سعة الخطة لا تضاعف كلفتها . طالما هناك سبب للاعتقاد بأنه يجب أن تكون المبيعات كافية لتدع العملية عند أقرب سعة وتصبح حافزاً اقتصادياً لبنائها على أوسع قاعدة ممكنة .

وتظهر المشكلات عندما يحاول كل واحد من المنافسين في تخفيض تكاليف إنتاجه بوضع خطط كبيرة جدًا ، ومثل هذه الحالة تكون ناجمة عن سعة الإنتاج الإجمالي للإنتاج المستغل والمتجاوزة جدًا لحاجة السوق الإجمالية ، وتعاني الصناعة الكيميائية مصاعب جمة في سعة الإنتاج الزائدة والعلاج الوحيد لها هو الوقت .

### الأيدي العاملة :

تظهر الإحصائيات أن الصناعات الكيميائية لا تستخدم عددًا كبيرًا من العمال ، وعلى سبيل المثال استخدمت سنة 1974 جميع المصانع الإنتاجية في الولايات المتحدة 20 مليون نسمة ( شخص ) ، واستخدمت الصناعات الكيميائية والمنتجات المشتركة حوالي مليون شخص أي 5 % من إجمالي المستخدمين الصناعيين .

### التكامل :

إن نمو الشركة صفة ملازمة لازدهارها وقوتها ، ويكون النمو نحو التكامل في الصناعات الكيميائية أكثر أهمية من التتويج ، فقد يكون هذا التكامل عموديًا أو أفقيًا ، ويحتمل أن يسير التكامل الأفقي نحو الأمام أو الخلف .

ويمكن أن يصبح التكامل المتقدم مثلًا قاعدة منتجة لمقدار من مادة چكلايكول الأثيلين التي تدخل سوق المستهلكين بصفة مادة مضادة للتجمد . كما أن الحافز الرئيسي للتكامل هو الأرباح العالية المرتبطة بصورة عامة بالمنتجات الاستهلاكية .



## 2- المفاهيم الأساسية في الصناعات الكيميائية :

كثيراً ما يوجد اختلاف بارز بين المقياس المعملّي التقليدي للكيمياء وتطبيق الكيمياء في الصناعة، وحتى في الحالات التي تبدو فيها المعادلات الوصفية للتفاعلات متشابهة، وتكون العمليات الفعلية وظروف التفاعل في الغالب متباينة تماماً ؛ فعند تكوين الكحول الأثيلّي من إضافة الماء إلى الأثيلين كما يلي :



يمكن حدوث هذا التفاعل بشكل أنسب عند إمرار الأثيلين خلال حامض الكبريتيك المركز ( 98 % ) ، ثم تخفيف وتبريد مزيج التفاعل لتحلل كبريتات الأستر الناتج .

في الطريقة الصناعية بمزج تيار الأثيلين مع بخار الماء عند 325 °م وضغط 1000 باوند، ويمرر المزيج على عامل مساعد صلب من التراب الدياتومي المشبع بحامض الفوسفوريك . تجري العملية بصورة متواصلة ويفصل الأثيلين غير المتفاعل من ناتج التفاعل ويعاد إلى مجرى التغذية .

وترتكز الصناعات الكيميائية بصورة عامة على النظريات والمفاهيم الأساسية من علوم الكيمياء ، مدعمة بالعمليات التقنية المتخصصة ومتضمنة الفائدة الاقتصادية .

وإن علم الصناعات الكيميائية هو الذي ينسق بين هذه العوامل جميعاً والتي تشمل مجالين رئيسيين هما :

## (1) عمليات التحول الكيميائي :

وهي تتضمن مجموعة للتفاعلات الكيميائية البسيطة أو المعقدة بدءًا بالمواد الأولية التي تشترك في التفاعلات الكيميائية للمنتج النهائي، كتحويل عنصر الكبريت إلى حامض الكبريتيك بعملية الأكسدة والتميو ، أو تحول سداسي الميثيلين ثنائي الأمين وحامض الأديبيك إلى مادة النايلون بعمليات كيميائية أكثر تعقيدًا .

## (2) عمليات التشغيل الفيزيائية :

تتضمن مجال العمليات الفيزيائية والقياسات التقنية التابعة لإنجاز التفاعلات الكيميائية . وقد ذكرنا أن ما تحتاجها التجارب الكيميائية على المستوى المعمل من الأجهزة لتوفير الظروف الفيزيائية المتابعة من: السحق، والفصل، والتبادل الحراري، وغيرها، يتطابق من حيث المبدأ مع متطلبات التطبيق الصناعي لنفس التجربة .

غير أنه يجب البحث لإيجاد الظروف الفيزيائية والتقنية الملائمة لإنجازها، والتي تتمشى مع اقتصاديات ونوعية الإنتاج ، وتتطلب العمليات الإنتاجية في هذه الحالة دراسة مفصلة عن: المواد الخام المناسبة، ونوعية المعدات ، والأجهزة القياسية الملائمة .

إن تهيئة الظروف الفيزيائية والنظم والقياسات التقنية في العمليات الكيميائية تصبح كاملة عندما يكون هناك تناسق بين الخطوات التقنية وما يرافقها من التفاعلات الكيميائية .

وبما أن الكلفة الإجمالية تتضمن تكاليف رأس المال والتكاليف غير المباشرة، وكذلك تكاليف الخدمات والصيانة والعمال ومواد الخام ، إذن لا يمكن أن تطابق العملية المثلى من الوجهة الاقتصادية طريقة تعطي نسبة عالية من الإنتاج .

## التحول والكفاءة والحصيلة :

لا تشير التفاعلات الكيميائية ضمن الفترة الزمنية المخصصة لها إلى الكمال، وكثيراً ما تضاف إلى مادة مفاعلة أكثر من الحد القياسي لها لأجل تحسين معدل سرعة التفاعل الكيميائي، أو لتوجيه الاتزان الكيميائي نحو اتجاه مناسب، أو لتحجيم تكون ناتج ثانوي .

ولهذه الأسباب تظهر في مزيج التفاعل أو في مجرى الإنتاج مواد غير متفاعلة . ويمكن طرح هذه المواد غير المتفاعلة كفضلات ، أو في الغالب - وهي الحالة السائدة - تفصل من الإنتاج وتعاد إلى سير العملية . وتقاس كفاءة التشغيل ومن ثم اقتصاديات الإنتاج بدلالة العوامل التالية :

### أولاً : التحول الكيميائي :

وهو تعبير للنسبة، وهو يربط مقدار المادة المتفاعلة التي تتحول كيميائياً إلى مادة أو مواد أخرى مع مقدار المادة الأولية التي تتغذى بها العملية ، وهو يمثل كمية المادة الناتجة عن تفاعل كيميائي عند حالة الاتزان، ويحتسب بدلالة إجمالي كمية المادة المتفاعلة عند بداية التفاعل أي :

$$\text{النسبة المئوية للتحول الكيميائي} = \frac{\text{مولات الناتج الرئيسي}}{\text{المولات الكلية للمادة المتفاعلة}} \times 100$$

المكافئة للناتج الرئيسي

### ثانياً : الحصة :

وهي تمثل إجمالي كمية المادة الناتجة من إنجاز تفاعل كيميائي تقنياً . وتحتسب بدلالة كمية المادة التي اشتركت فعلاً في التفاعل



الكيميائي أي :

$$\text{نسبة الحصيلة} = \frac{\text{مولات الناتج الرئيسي}}{\text{مولات المادة المتفاعلة المكافئة للناتج الرئيسي}} \times 100$$

فعند تحضير الأمونيا بتفاعل غازي الهيدروجين والنيتروجين عند 500 °م وضغط 120 جو . تبلغ نسبة التحول عند حالة الاتزان حوالي 14% ، ويعني ذلك أن حوالي 86 % من المادة الرئيسية المتفاعلة، وهي الهيدروجين غير المتفاعل، مما يجعل التطبيق الصناعي للتفاعل غير مربح.

وقد أمكن التغلب على ذلك تقنياً بعملية التدوير لتكرار التفاعل الكيميائي لعدة مرات للحصول على نسبة عالية من الحصيلة بحيث تبلغ حوالي 98 % ؛ ولذلك من الأهداف الرئيسية للتطبيق الصناعي أن تكون نسبة التحول الكيميائي مقاربة إلى نسبة الحصيلة .

غير أن هذا التقارب يصبح متعذراً في كثير من الحالات لعدة اعتبارات تقنية : أهمها ضرورة استعمال معدات تقنية معقدة تناسب تغييرات ظروف التفاعل الكيميائي ، وعلى سبيل المثال يمكن زيادة نسبة التحول الكيميائي لتفاعل الأمونيا بزيادة الضغط .

ومثال على ذلك إذا أضيف 6.000 مول من الأثيلين، و 10.000 مول من الماء في وسط حامضي كعامل مساعد لإضافة الماء إلى الأثيلين حيث يحتوي ما يخرج من المفاعل على 0.244 مول إيثانول، و 9.750 مول ، و 5.748 مول أثيلين، وعلى ذلك فالتفاعل يكون كما يلي :



(أ) نسبة الأثيلين المتحول :

$$\% 4.20 = 100 \times \frac{5.748 - 6.000}{6.000}$$

(ب) نسبة كفاءة العملية :

$$\% 97 = 100 \times \frac{0.244}{5.748 - 6.000}$$

(ج) نسبة حصيلة الإيثانول اعتمادًا على الأثيلين المتحول :

$$\% 97 = 100 \times \frac{0.244}{5.748 - 6.000}$$

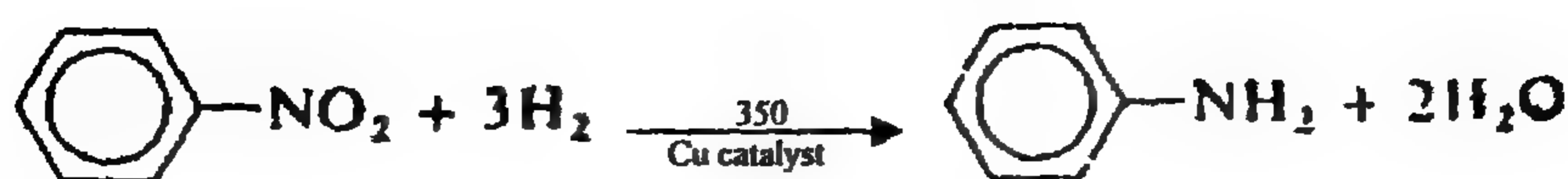
(د) نسبة حصيلة الإيثانول اعتمادًا على الأثيلين الخام :

$$\% 4.07 = 100 \times \frac{0.244}{6.000}$$

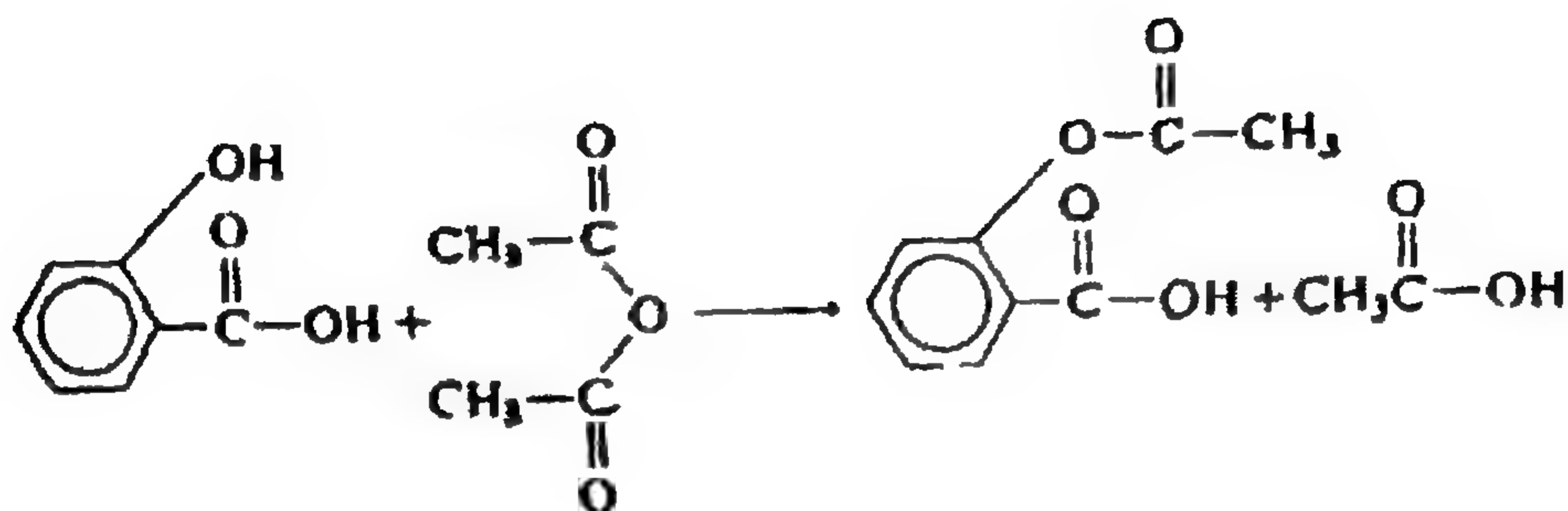
مقارنة بين الكيمياء النظرية والكيمياء الصناعية :

يوجد عدد من الطرق الاقتصادية المهمة التي تستند إلى نفس التفاعلات  
المألوفة في الكتب الدراسية مثل ما يلي :

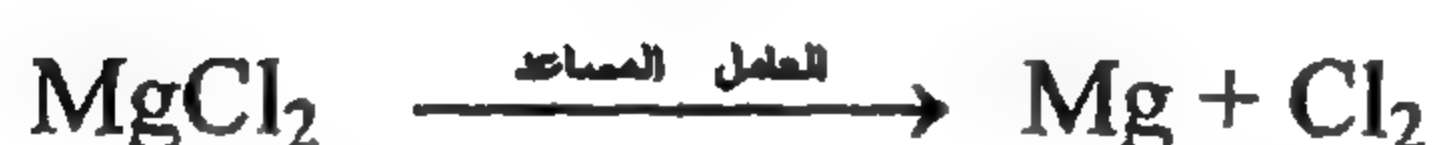
1- اختزال نيتروبنزين الأثيلين :



2- تحضير الأسبرين :



3- تحضير عنصر المغنيسيوم :

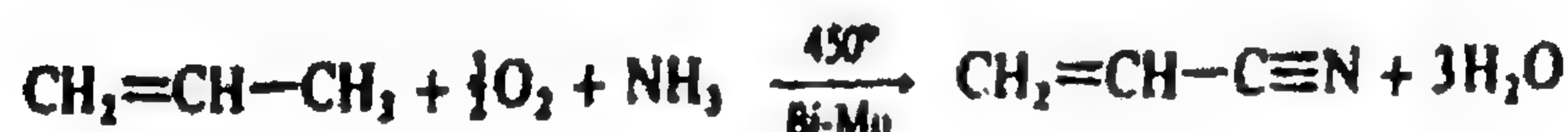
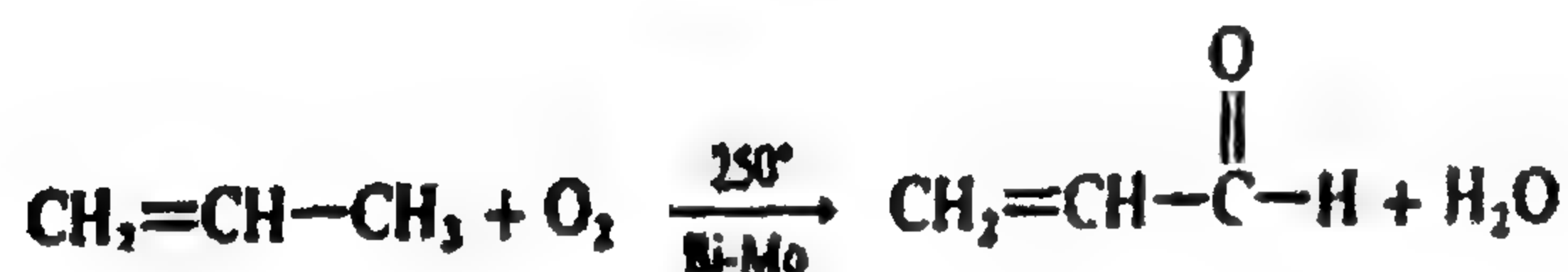
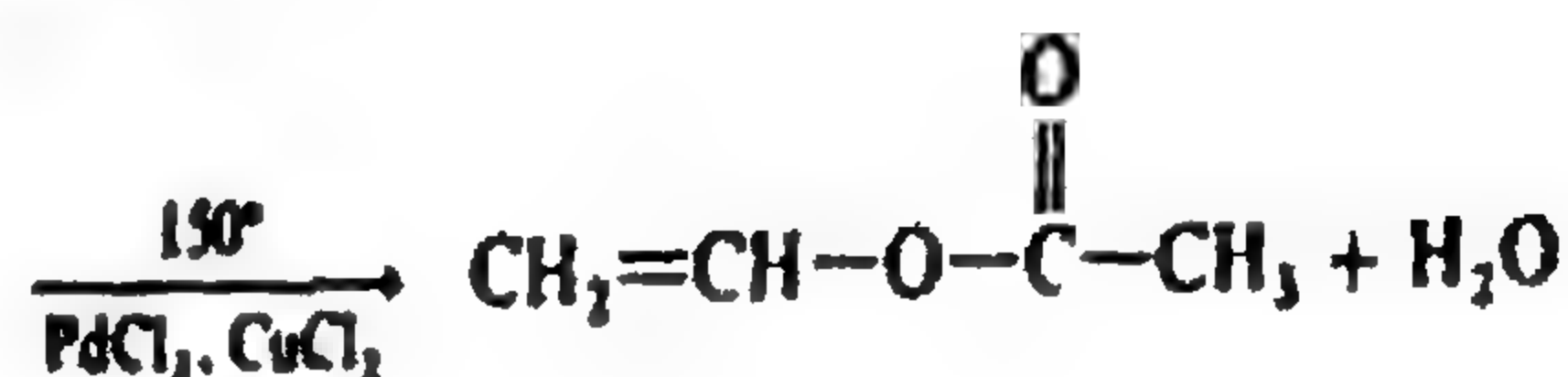
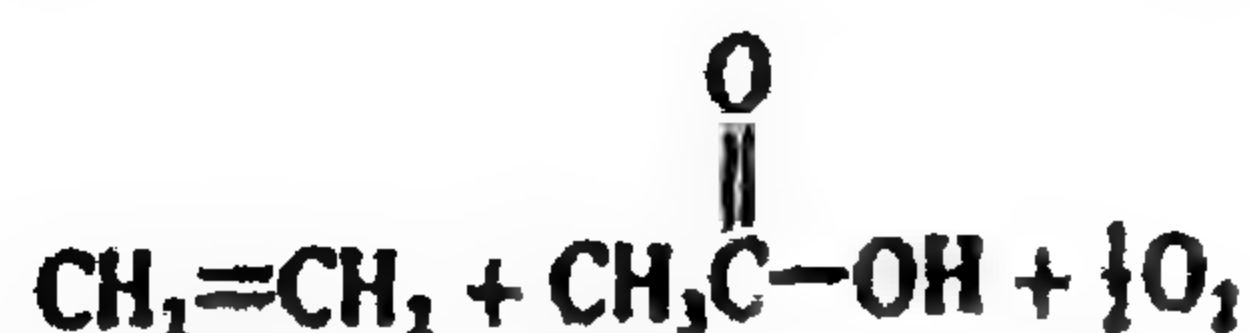
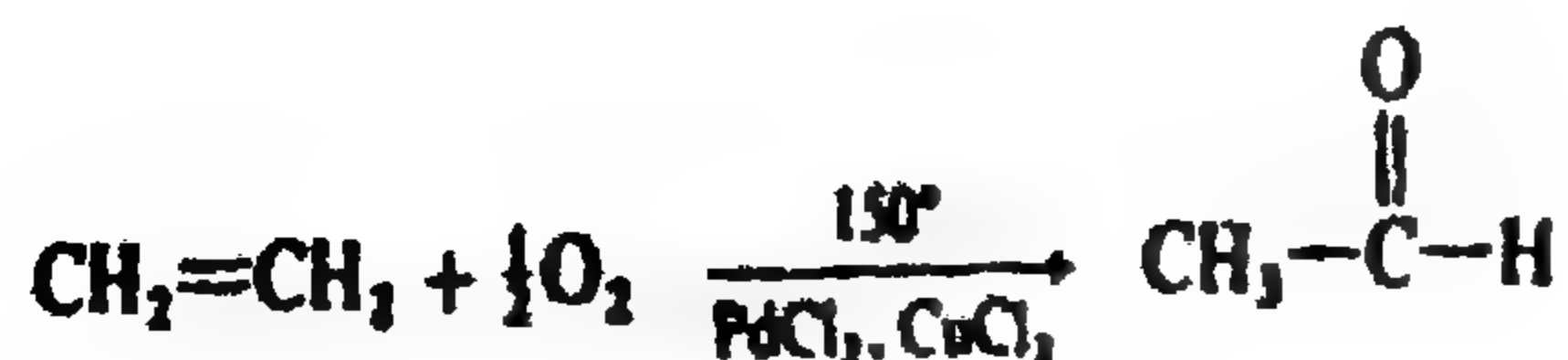
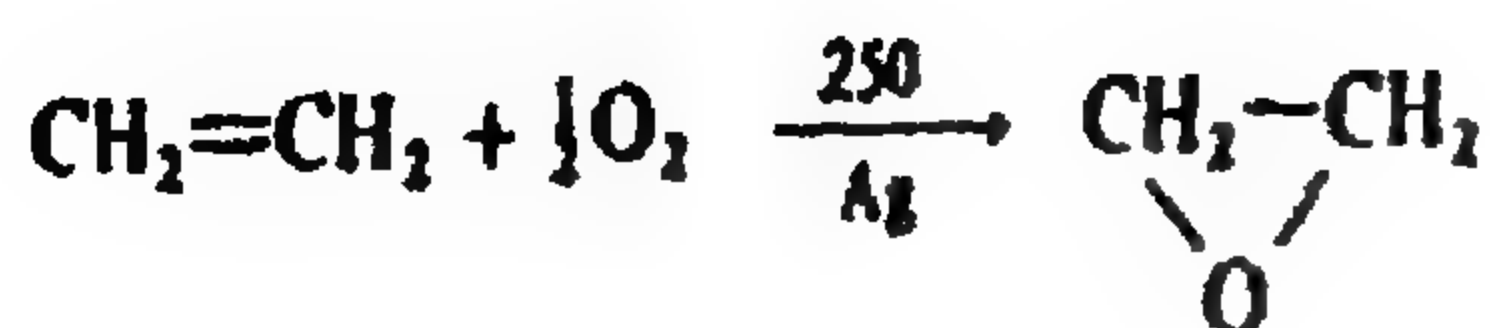


4- إنتاج هيدروكسيد الكالسيوم ( الجير المطفأ ) من حجر الكلس :



وتبدو التفاعلات الكيميائية في كثير من الطرق الصناعية الأخرى غريبة، وليست لها علاقة واضحة حقيقية مع الكيمياء التقليدية المذكورة في معظم الكتب الدراسية الجامعية ، ولناخذ أكسدة الألكينات التالية كمثال :





ويجب ملاحظة الظروف المتعلقة بهذه التفاعلات الصناعية المهمة ،  
والنقطة الأولى تشمل استعمال غاز الأوكسجين، أو الهواء كعامل مؤكسد ،  
أما النقطة الثانية فتشمل استعمال العامل المساعد المختار المتجانس أو غير  
المتجانس، واستعمال درجات الحرارة والضغط العاليتين واللتين لا  
تتوافران في المعمل .

## تقييم التفاعلات الكيميائية :

يحاول الكيميائي الصناعي في دراسته لمشروع صناعي أن يطور خطة تصور التفاعلات الكيميائية المختلفة للنواتج المطلوب . كما أن تقدير واقعية الاقتصاد والتقنية عمل مستمر خلال سير أي بحث صناعي أو تطوير أي مشروع إنتاجي معين .

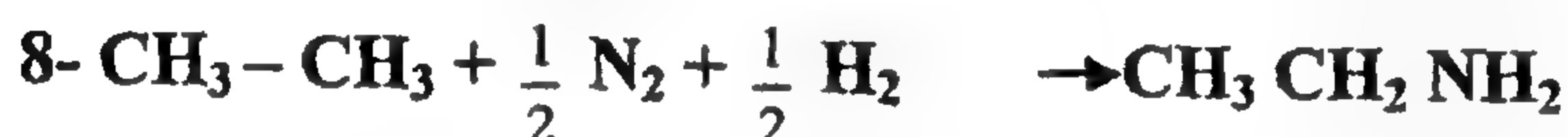
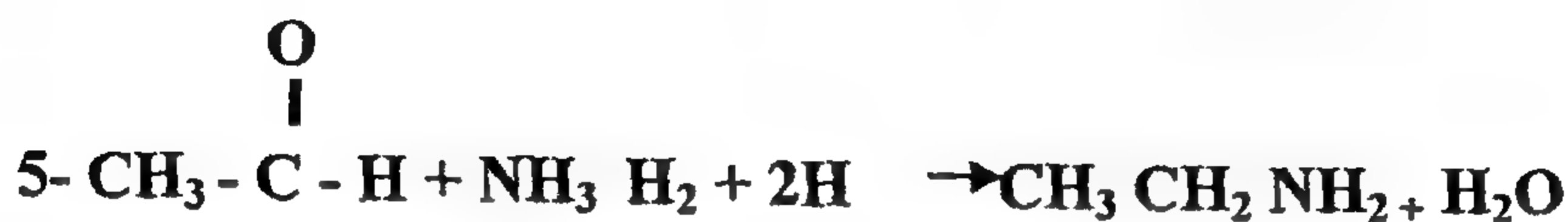
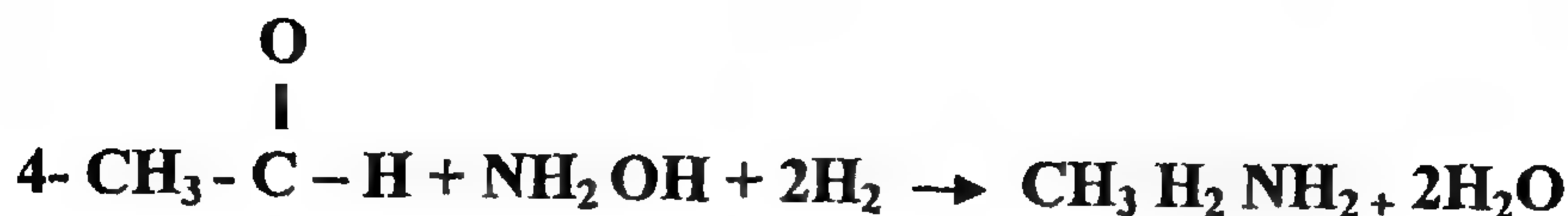
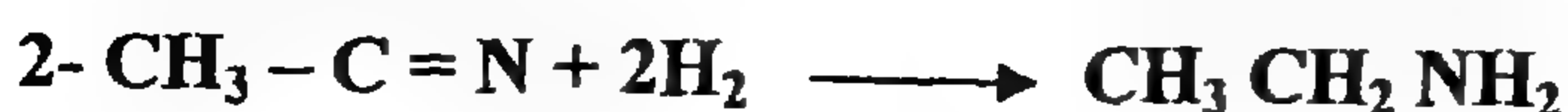
ويصاغ هذا التقييم غالبًا في سلسلة من المظاهر المتوقعة في الخطوات المتعددة للمشروع ، فالتقييم المناقش في هذا المجال له مفهوم مرحلي، ولا يكون صيغة نهج تقديري ، والأصح هو نظام لدراسة فكرة معينة قبل البدء ببحث المصادر أو العمل المختبري .

وتتضمن خطة التقييم متطلبات متباينة مفيدة من القضايا المعروفة وغير المعروفة والمتكهنه وخارج الإمكانية ، ويمكن تحديد الطرق المختارة على أساس من :

أ - التحليل الاقتصادي التقريبي .

ب- متطلبات التقييم التقني المستندة إلى المعلومات المتوفرة عن التفاعل أو تفاعلات مماثلة .

إن هذه التخمينات لا تعني تقييد الإبداع ، بل هي لحماية المساعي المعروفة التي تكون على طريق غير اقتصادي . وعلى سبيل المثال نتصور تطوير لصنع الأثيل الأمين ، ولتوضيح ذلك يمكن في الخطوة الأولى أن تحدد جميع التفاعلات الممكنة التي يعتقد بأنها تعطي الناتج المطلوب من الأمينات :



### التقييم الاقتصادي :

يمكن تقدير الجهد الاقتصادي للتفاعلات الكيميائية بعد تخمين الفرق بين قيمة السوق للمنتجات والمستهلكات ، ولأجل ذلك يمكن مراجعة النشرات المتخصصة عن التسويق الكيميائي Chemical Marketing Reporter التي تصدر في البلدان الصناعية المختلفة .

### التقييم التقني :

يمكن أن تبدأ الصفة الأساسية لنجاح تقني لمشروع مقترح من القول إن الشيء الراسخ يتضاعف دائماً وبسرعة . والاتجاه الوحيد الذي يمكن أحياناً استخدامه في تقييم التفاعل المقترح



هو التغير في طاقة جيبس الحرة  $\Delta G_f^0$  لتفاعل ثابت الحرارة :  $\Delta G_R = \Delta H_R - T\Delta S_R$

إن التغير في طاقة جيبس للتفاعل  $\Delta G_R$  هو مقياس لسير قوة دفع التفاعل أو العملية، وبوجه عام يسير التفاعل تلقائيًا عندما يكون مصحوبًا بانخفاض في الطاقة الحرة للنظام، وهي الطاقة الزائدة الملزمة لتكوين مركب في حالتها المستقرة القياسية من العناصر أيضًا. وإذا اعتبر  $\Delta G_f^0$  (طاقة التكوين) لكل مادة متفاعلة ومادة ناتجة صالحة إذن :

$$\Delta G_{\text{reaction}} = \sum \Delta G_f^0 \text{ products} - \sum \Delta G_f^0 \text{ reactants}$$

وكمثال لهذا النموذج من الحسابات، وكمقارنة التغير في طاقة جيبس مع التغير في الطاقة العشوائية وطاقة المحتوى الحراري، يمكن دراسة تفكك كلوريد الأثيل عند درجتين حراريتين :



(a) At 298 K

	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl	CH <sub>2</sub> = CH <sub>2</sub>	HCl
$\Delta H_f^0$	- 26.70	12.50	- 22.06
$\Delta G_f^0$	- 14.34	16.28	- 22.7
S	65.93	52.45	44.64

(b) At 1000 K

	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl	CH <sub>2</sub> = CH <sub>2</sub>	HCl
$\Delta H_f^0$	- 30.43	9.21	- 22.56
$\Delta G_f^0$	- 18.60	28.85	- 24.08
S°	93.80	72.07	53.25

ويمكن حساب التغيرات في الإنثالبي والإنتروبي وطاقة جيبس عند كل درجة حرارية :

$$\Delta H_{\text{reaction}} = \Delta H^{\circ}_{f\text{CH}_2 = \text{CH}_2} + \Delta H^{\circ}_{f\text{HCl}} - \Delta H^{\circ}_{f\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}}$$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = \Delta G^{\circ}_{f\text{CH}_2 = \text{CH}_2} + \Delta G^{\circ}_{f\text{HCl}} - \Delta G^{\circ}_{f\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}}$$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = S^{\circ}_{\text{CH}_2 = \text{CH}_2} + S^{\circ}_{\text{HCl}} - S^{\circ}_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}}$$

At 298 k°

$$\Delta H_{\text{reaction}} = + 17.14 \quad \text{K.Cal / mole}$$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = + 7.86 \quad \text{K.Cal / mole}$$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = + 13.15 \quad \text{K.Cal / mole}$$

At 1000 k°

$$\Delta H_{\text{reaction}} = + 17.8 \quad \text{K.Cal / mole}$$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = + 14.43 \quad \text{K.Cal / mole}$$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = + 31.52 \quad \text{K.Cal / mole}$$

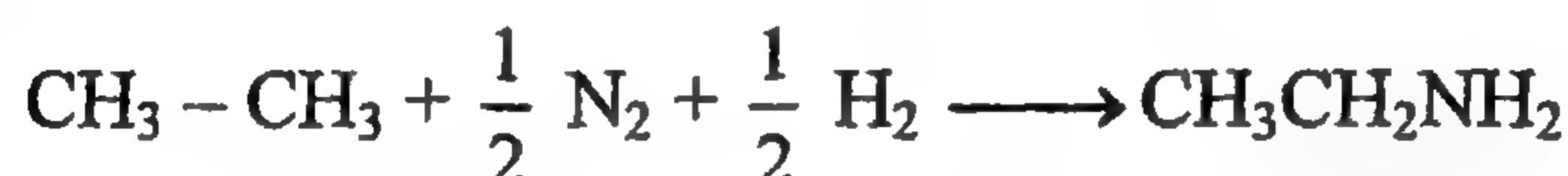
وقد أثبتت الحقائق المختبرية أن كلوريد الأثيل في درجات الحرارة المنخفضة ثابت، ويتفكك في درجات الحرارة العالية تلقائيًا ، وأن صلاحية استعمال الطاقة الحرة الزائدة كمقياس لقوة دفع التفاعل تتغير من قيمة موجبة إلى قيمة سالبة بزيادة درجة الحرارة من 298° م إلى 1000° م .

ويلاحظ أن التغير في قيمتي  $\Delta H_{\text{reaction}}$  ، و  $\Delta S_{\text{reaction}}$  فوق هذا المدى من الدرجة الحرارية طفيف جدًا ؛ لذلك لا يمكن اعتبارهما مقياسًا لتقييم التفاعل ، ويلاحظ أيضًا أن الانخفاض الكبير في قيمة الطاقة الحرة الزائدة عند

درجات الحرارة العالية ناتج من ازدياد أهميته في العلاقة  $T\Delta S$  . وفي حالة عدم توفر معلومات أخرى يمكن الاستفادة من الجدول التالي :

المعنى	التغيير في الطاقة الحرارية
يمكن الاستفادة من التفاعل .	$-\Delta G$
يمكن دراسة التفاعل في جوانب أخرى .	$+\Delta G$ عدد صغير
يمكن إنجاز التفاعل تحت ظروف غير اعتيادية فقط .	$+\Delta G$ عدد كبير

وباستخدام قيم الكيمياء الحرارية في الجدول التالي يمكن حساب التغيير في طاقات عديدة من التفاعلات الخاصة في طريقة تحضير الأثيل الأمين :

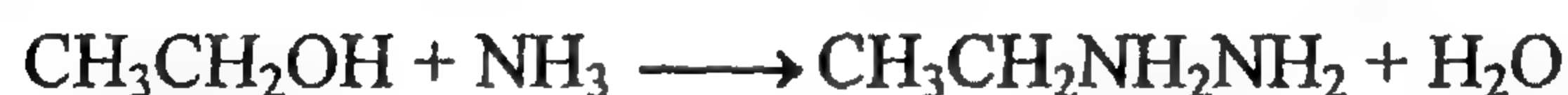


$$\Delta G_{\text{reaction}} = \Sigma \Delta G_{\text{products}} - \Sigma \Delta G_{\text{reactants}}$$

$$\Delta G_{298^\circ} = + 16.78 \text{ kcal / mole}$$

$$\Delta G_{1000^\circ} = + 34.83 \text{ kcal / mole}$$

يلاحظ من هذا التقييم أن احتمال استعمال هذا التفاعل ضئيل، وأن العمل المعمل لن يكون كافياً .



$$\Delta G_{298^\circ} = - 1.65 \text{ kcal / mole}$$

$$\Delta G_{1000^\circ} = + 1.91 \text{ kcal / mole}$$

وتبين هنا أن حدوث التفاعل مؤكد، وأنه يضمن دراسات أبعد .





$$\Delta G_{290^\circ} = - 3.51 \text{ kcal / mole}$$

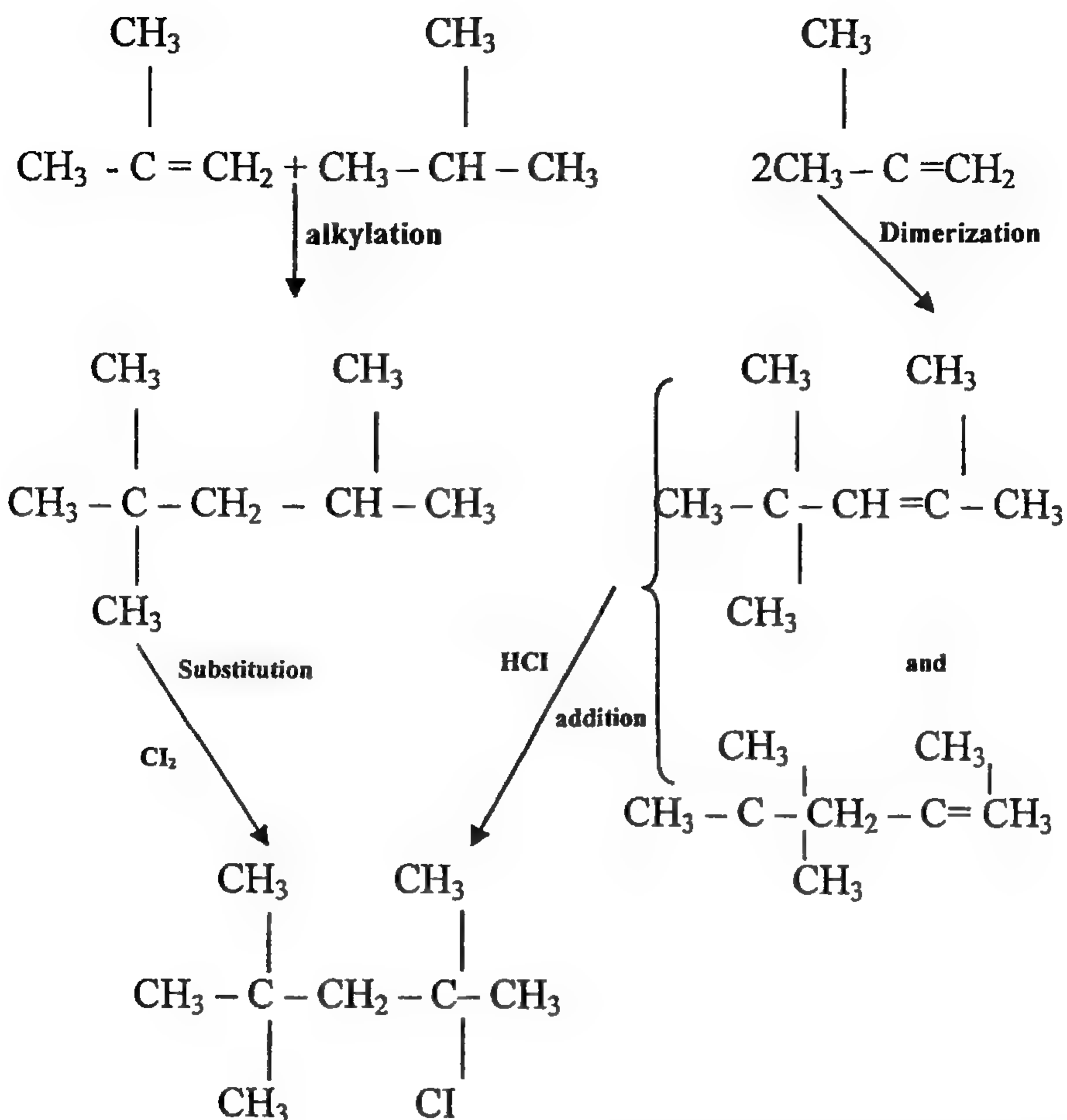
$$\Delta G_{1000^\circ} = + 17.86 \text{ kcal / mole}$$

قيم الطاقة الحرة الزائدة لبعض المواد

Substance	298 °	1000 °
CH <sub>2</sub> = CH <sub>2</sub>	16.28	28.25
CH <sub>3</sub> – CH <sub>3</sub>	- 7.87	26.13
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> – NH <sub>2</sub>	8.91	60.96
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	- 40.22	1.98
NH <sub>3</sub>	- 3.86	14.85
H <sub>2</sub> O	- 54.64	- 46.04
H <sub>2</sub>	0	0
N <sub>2</sub>	0	0

ويعتبر هذا التفاعل إلى حد بعيد جدير بالدراسة ، وكذلك متطلبات التغير في الطاقة الحرة الزائدة مع درجات الحرارة، والنقص في مولات الغاز كعائدات التفاعل، ومعامل اتزان المعادلة للتفاعلات الجانبية المتوقعة جميعًا تظهر أن معظم ظروف التفاعل المتوقعة يمكن أن تشمل درجات الحرارة المنخفضة والضغط العالية ومقدار زائد من الأمونيا .

ويمكن أن تكون إحصائيات الكيمياء الحرارية في دراسة تقييم التفاعل الكيميائي عملية مفيدة وموجهة ، ومن المثالين التاليين يمكن توضيح إمكانية معرفة التفاعل الكيميائي من التزامه لاتجاه مسعى التطور . وهو تطوير طريقة لتحضير 2 كلورو 2 ، 4 ، 4 ثالث مثيل البننتان :



ويمكن تقسيم خطة التحضير أو التركيب إلى قسمين :

أ- تركيب مركب كربوني من المواد الخام رخيصة الثمن .

ب- إدخال عنصر الكلور إلى المركب الوسيطى .

ويعتبر كل من: آيزو بيوتيلين، وآيزو بيوتان أساساً مثاليًا لهذه العملية، وذلك خلال تفاعل الألكلة أو البلمرة الازدواجية لمركب الألكلين، وبعد هذه

الخطوة يمكن إدخال عنصر الكلور بعملية الهلجنة المباشرة مع الكلور . وفي حالة استعمال الألكين فيمكن إدخال الكلور بواسطة كلوريد الهيدروجين .

وعند مقارنة هاتين الطريقتين يمكن توقع الصفة المميزة لتفاعلات الخطوة الثانية في الطريقة الأولى وهي تشمل تعويض الجذر الحر وهو غير مرغوب فيه . وهناك حقيقة أن تعويض ذرة الهيدروجين الثلاثي يحدث بسهولة أكثر من الهيدروجين الأحادي أو الثنائي .

ويكون التعويض في الموقع (2) المرغوب فيه مجال منافسة بين 17 ذرة أخرى من الهيدروجين ، ثم يمكن التوقع بأنه إذا أخذت إمكانية التعويض الأحادي بعين الاعتبار فقط ، فيمكن الحصول على مزيج من المنتجات الكلورية مع النقص في المنتج المرغوب به وصعوبة الفصل .

وينتج في الخطوة الثانية من مرحلة البلمرة الازدواجية مزيج من الألكينات ، ويتفاعل كلا المركبين الوسطيين في الطريقة الثانية مع كلوريد الهيدروجين وينتج مركب 2 - أيزوكلورو 2 ، 4 ، 4 تراي مثيل البنتان كمنتوج ثانوي .

من وجهة نظر الكيميائي تفضل الطريقة الثانية، لأن في الطريقة الأولى ينتج كلوريد الهيدروجين كناتج ثانوي غير مرغوب به .

### أنواع الصناعات الكيميائية :

إن تصنيف الصناعات الكيميائية ليس بعملية سهلة، وليست هناك قاعدة ثابتة يمكن اتباعها ، بل لكل دولة صناعية طريقتها الخاصة التي تعتمد على كيفية توزيع هذه الصناعات بين منشآتها المختلفة ، وعلى سبيل المثال تصنف الصناعات الكيميائية في مجموعة الدول الاشتراكية على المجاميع التالية :

## 1- الصناعات الكيميائية اللاعضوية :

كصناعة الأحماض اللاعضوية ( حامض الكبريتيك، وحامض النتريك، وحامض الهيدروكلوريك وحامض الفوسفوريك) وغيرها ، وكذلك تشمل صناعة بعض الغازات: كالكلور، والأمونيا، وصناعة الصودا الكاوية، والأسمدة المعدنية وغيرها .

## 2- الصناعات البتروكيميائية :

وهذا يعني صناعات المنتجات النفطية ومنتجات القطران كالمحروقات والزيوت ودهون التشحيم وغيرها .

## 3- صناعة المركبات العضوية :

من الأسيتيلينات والأوليفينات والألكينات والأرومات والغازات التركيبية ومشتقاتها والكحولات والأسترات والمنبيات العضوية والأصباغ وغيرها .

## 4- صناعة المنتجات الكيميائية :

الخاصة بالأفلام التصويرية وأوراق التصوير والمنتجات الحياتية الفعالة من الأنزيمات وغيرها .

## 5- صناعة المنتجات البلاستيكية :

مثل بولي كلوريد الفينيل Chloride Polyvinyl وبولي أوليفين Polyolifin واللدائن الفينولية Phenoplaste واللدائن الأمونية Aminoplaste وغيرها .

## 6- صناعة المنتجات الكيميائية التقنية :

الخاصة بالمنظفات Detergent والأصماغ والفطريات وغيرها .



## 7- صناعة الألياف الكيميائية :

كألياف بولي أميد Polyamide وألياف بولي أستر Polyester والحريير الصناعي والنايلون وغيرها .

## 8- صناعة المطاط والأسبست .

## 9- صناعة المنتجات الصيدلانية والعقاقير الطبية .

\* \* \*

## الأسئلة

- 1- تكلم بالتفصيل عن مميزات الصناعات الكيميائية من حيث :  
(أ) المنافسة.  
(ب) التقنية.  
(ج) البحث والتطوير.  
(د) متطلبات رأس المال.  
(هـ) الأيدي العاملة.  
(و) التكامل.
- 2- اكتب مذكرات وافية عن كل مما يأتي :  
أ- عمليات التحول الكيميائي .  
ب- عمليات التشغيل الفيزيائية .  
ج- التحول الكيميائي .  
د- الحصيلة مع ذكر مثال على ذلك .
- 3- وضح بالشرح المقارنة بين الكيمياء النظرية، والكيمياء الصناعية مع ذكر الأمثلة بالمعادلات .
- 4- بين كيف تقيم التفاعلات الكيميائية من الناحية الاقتصادية والتقنية .
- 5- " يمكن تقسيم خطة التحضير أو التركيب إلى قسمين " اشرح هذه العبارة شرحًا وافيًا .
- 6- اذكر الأنواع المختلفة من الصناعات الكيميائية .

\* \* \*

## الباب الثاني

### العمليات الفيزيائية في الصناعات الكيميائية

#### العمليات الفيزيائية في الصناعات الكيميائية :

وتتضمن الصناعات الكيميائية بصورة عامة مجموعة من العمليات الفيزيائية التالية :

- 1- عمليات النقل والتقطيع والتكسير والسحق .
  - 2- عمليات الإذابة والانتصهار والتبخير والتسامي وغيرها .
  - 3- عمليات تجميع أجزاء الخامات والمنتجات من خلال اللف والتعجين والخلط وغيرها .
  - 4- عمليات زيادة حركة دقائق المواد فيما بينها باستعمال الطاقة الحرارية، أو الميكانيكية وغيرها من أنواع الطاقة الأخرى .
  - 5- تنشيط المواد المتفاعلة باستعمال العوامل المساعدة .
  - 6- عمليات التبادل الحراري من خلال امتصاص الطاقة لغرض التسخين والتبريد والتكثيف .
  - 7- عمليات فصل المواد عن طريق التركيد والترسيب والترشيح والغرلة .
  - 8- عمليات التكثيف والتبلور والتصلب .
  - 9- عمليات اختيار الشكل الفيزيائي للمنتج النهائي بتحويله إلى البلورات، أو المسحوق، أو القطع بأحجام مختلفة .
- وسوف نتطرق إلى بعض من هذه العمليات بالتفصيل .

## العمليات الفيزيائية الميكانيكية :

وتشمل مجموعة من العمليات الفيزيائية الميكانيكية الضرورية لتهيئة المواد الخام لإنجاز التفاعلات الكيميائية بصورة عادية وإكمال منتجات التفاعلات، وهي تتضمن بصورة عامة :

### 1- عمليات النقل :

تحتاج الصناعات الكيميائية بصورة عامة إلى وسائل مختلفة لنقل خاماتها ومنتجاتها ، وهي تستعمل في النقل الخارجي ( خارج المعمل ) وسائل السكك الحديدية، وسيارات الشحن والسفن وغيرها ، وتستعمل في نقل المواد داخل المعمل وسائل مختلفة من قنوات مائية، وناقلات خاصة من الأحزمة الناقلة، وأنواع الرافعات والناقلات الحلزونية وغيرها .

### 2- التقطيع :

تحتاج بعض الصناعات كصناعة السكر والورق والأخشاب وغيرها إلى تقطيع الخامات إلى أجزاء ملائمة ومناسبة لإنجاز العمليات اللاحقة، مثلاً: يقطع البنجر السكري، أو قصب السكر إلى شرائح ملائمة لإنجاز عملية التنافذ واستخلاص العصير من البنجر .

وعلى هذا الأساس يجب تقطيع البنجر أو قصب السكر على شرائح بسمك وطول معينين ، وتختلف طرق التقطيع باختلاف نوع ووضع السكاكين المستخدمة في جهاز التقطيع، وهي بصورة عامة تكون على ثلاثة أنواع :

أ- التقطيع العمودي : يتحرك سطح التقطيع ( السكاكين ) على محور عمودي.

ب- التقطيع الأفقي : يتحرك سطح التقطيع على محور أفقي .



### ج- التقطيع بتأثير الدفع المركزي :

ويتكون الجهاز من أسطوانة تدور على محورها العمودي وتثبت في داخلها قطع للسكاكين بشكل أفقي، ويوجد فوقها خزان مخروطي كبير للخام حيث يسقط على سطح السكاكين عمودياً .

ثم تثبت السكاكين داخل قطع معينة وهي تدور حركة دائرية أفقية . ويعتمد عدد دوراتها على قطر القطع . ويمكن إيجاد سرعة الدوران من القاعدة التالية :

$$W = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$W$  = سرعة الدوران ( م / ثانية ) .

$d$  = القطر الخارجي لمساحة القطع ( كتلة التقطيع ) .

$N$  = عدد دوران كتلة التقطيع لكل دقيقة .

ويكون معدل سرعة الدوران حوالي 6.8 م / ثانية ، ويكون القطر الخارجي بين 1100 - 2200 ملم .

كما توضع السكاكين على أساس مجموعة من القطع في صناديق خاصة كإطار لها ولسهولة تبديلها ، وتلعب أعداد الصناديق وطولها دوراً بارزاً في نوعية الشرائح ؛ وتصنع السكاكين في الغالب من الفولاذ، ولها أشكال معينة من الطول والسلك والرؤوس، وهي بدورها تعطي شرائح ذات أشكال مختلفة من حيث الطول والسلك .

ويمكن جمع عدد من السكاكين كقطعة واحدة ويكون عدد الرؤوس بمثابة السكاكين ، ولكل قطعة رقم أو قياس معين مثل: 17 ، 19 ، 22 وطول السكاكين 137 ، 167 ملم ، وتثبت السكاكين داخل القطعة بالنسبة إلى حافاتها، كالحافة العمودية أو المائلة . ولتعيين نوعية الشرائح المناسبة لعملية التناقد تتبع طرق قياسية مختبرية مختلفة منها :

## أ- طريقة زيلين :

تسمى أيضاً بعدد زيلين وهو عبارة عن طول 100 جم من شرائح البنجر ، تعطي الشرائح الدقيقة طولاً أكثر من الشرائح السمكية ، ويكون طول الشرائح بين 10 - 10 م / 100 جم بنجر ، ويختلف الطول باختلاف نوع السكينة .

## ب- الطريقة السويدية :

يستخرج العدد السويدي من العلاقة التالية :

وزن الشرائح التي طولها يساوي أو أكبر من 5 سم

---

وزن الشرائح التي طولها يساوي أو أصغر من 5 سم واحد

ويتراوح العدد المناسب بين 15 - 20 ويعتبر قَطْع الخشب ونقله وتقسيره وتقسيمه إلى شرائح من الخطوات الآلية في عملية التعجين ، وتنقل الأشجار بعد القطع إلى المعمل بوسائل مختلفة بضمنها النقل المائي المتبع في بعض البلدان الإسكندنافية ، ويعامل الخشب في الغالب بالماء الحار أو بخاره لتسهيل عملية التقشير ، ويستعمل الماء الساخن إذا كان التقشير بالاحتكاك الهيدروليكي .

وتجرى عملية التقشير بواسطة سكاكين خاصة ؛ ولسهولة التقشير يوضع الخشب المنقع في الماء الساخن ( 80° م ) لمدة ساعتين، ثم يرسل إلى طاحونة التقشير ، وهي تتكون من حوض أسطواناني طويل قطره بين 10 - 20 قدم، وطوله 45 قدم، ومفتوح من الطرفين ومجهز ببكرات وسلاسل وغرف هيدروليكية لتنظيم سير الخشب فيه .

وتدور الطاحونة بمعدل 6 - 12 دورة / دقيقة، وخلالها تنقلب جذوع الخشب على بعضها وتتحل القشور ، ويمكن خلال حركة الجذوع استعمال خراطيم ماء قوية لانسلاخ القشور .

وأخيراً يدخل جذع الخشب جهاز التقشيط، ويتكون جهاز التقشيط النموذجي من قرص كبير قطره حوالي 7.5 قدم، وهو مزود بسكاكين حادة ، وتثبت السكاكين على القرص بحيث تكون حافاتها مع سطح القرص زاوية معينة تناسب طول الشريحة المطلوبة ، ويتراوح عدد السكاكين بين 4 - 12 سكين .

ثم يدخل جذع الخشب جهاز التقشيط بشكل أفقي ويكون تقطيع الشرائح باتجاه المقطع العرضي العمودي على محور الجذع ، ويختلف حجم الشرائح وسمكها باختلاف طرق التعجين، ويتراوح معدل طول الشريحة بين  $\frac{3}{8}$  -  $\frac{5}{4}$  أنج ، ويعتبر سمك الشريحة أيضاً عاملاً مهماً في عملية التعجين، ويتراوح معدل سمكها بين  $\frac{1}{8}$  -  $\frac{3}{8}$  أنج ، وتؤدي الشريحة السمكة إلى تكوين عجينة غير مرغوب بها .

### 3- عمليات التكسير والسحق :

تؤدي عمليات التكسير والسحق والطحن إلى تجزئة المادة الصلبة إلى كتل غير متجانسة في الحجم، وهي تتطلب تصنيفها إلى كتل متجانسة الحجم تقريباً، ويتم ذلك بطرق آلية تكنولوجية مختلفة .

ويعتبر تعيين سطح الدقائق وحجمها عملية صعبة . وكذلك فإن المعامل المناسبة لهذه الدقائق تشمل الشكل والوزن النوعي (  $\gamma$  )

والسطح ( O ) ، ويمكن تعيين السطح النوعي بواسطة وحدة الحجم ( V ) أو وحدة الوزن ( G ) :

$$\frac{O}{G} = \frac{O}{V\gamma}$$

وعندما يكون الشكل كروي :

$$\frac{O}{V} = \frac{6}{d} \cdot \frac{O}{G} = \frac{6}{d\gamma}$$

حيث d = القطر .

وتطبق العلاقة أيضاً للشكل المكعبي والهرمي والمثلث وغيرها . ويقابل (d) في هذه الحالة طول الحافات ، وفي حالة الأحجام والأشكال غير القياسية يستعمل ( du ) كحجم الدقيقة ، ويصبح :

$$\frac{O}{G} = \frac{6f}{du\gamma}$$

حيث f = معامل الشكل = 1 ( للجسم الكروي والمكعبي ) .

وبالرغم من عدم تناسق الدقيقة يمكن اعتبار du قطر كرة نفس الحجم ، وعلى هذا الأساس يستخرج القطر المكافئ ( الكروي ) ، أو القطر المثالي من العلاقة التالية :

$$\frac{1}{f} = \frac{\text{سطح الكرة}}{\text{سطح الدقيقة ( مع نفس الحجم )}} = \text{الكروية}$$

وتتكون كتل معظم الخامات الصناعية من دقائق متباينة الأحجام والأوزان النوعية ، وحتى يتم تعيين المساحة السطحية المهمة من الضروري



تصنيف الكتل أولاً ، ومن ثم فرز كل صنف إلى أصناف أخرى متشابهة في أوزانها النوعية ، وتعين المساحة السطحية لكل صنف بصورة مستقلة وتضاف في النهاية إلى مجمل مساحة الكتلة الأصلية ، مثلاً في حالة الشكل الأسطواناني بطول ( h ) ونصف قطر ( r ) يكون :

$$\frac{O}{V} = 2 \left( \frac{1}{h} + \frac{1}{r} \right)$$

ويعتمد تكسير وطحن المواد ( الكتل ) الصلبة على التأثير الفيزيائي للقوة الناجمة من الضغط والضرب ( التصادم ) والنقر والتكسير ( السحق ) واللي والقص والصقل وغيرها من الضربات الآلية .

وعلى سبيل المثال تكسر الكتل الحجرية الكبيرة بمراحل، حيث تجرى المرحلة الأولى في كسارات يكون فيها التكسير عن طريق الضغط والاحتكاك والضربات العمودية والأفقية ، ثم تدخل القطع الحجرية الصغيرة طواحين السحق والطحن، وهي الطواحين المستعملة في معامل السمنت وسوبر فوسفات الكالسيوم وغيرها .

وتصنف مكائن التكسير والسحق بصورة عامة إلى :

أ- مكائن الثقل النوعي :

تعمل بفعل الجاذبية الأرضية ولها أشكال أنبوبية وكروية ومطرقية .

ب- المكائن الآلية المزودة بقوة إضافية كالقوة المرنة، أو قوة الطرد المركزي كالتاحونات القرصية الحلقية، والتاحونات القرصية الارتدادية، وطاقونات كرات الطرد المركزي، والتاحونات المضربية.

ج- التاحونات المطرقية .

د- التاحونات الاحتكاكية .

وقد ذكرنا أن عمليات التكسير والسحق والطحن تؤدي إلى تجزئة الكتل الصلبة إلى كتل غير متجانسة الأحجام، وتتطلب العمليات الصناعية اللاحقة تصنيف هذه الكتل إلى دقات متجانسة الأحجام بطرق تكنولوجية مختلفة .

### الفصل بالمنخل ( الغربال ) :

وهي عبارة عن عملية فصل وتصنيف كتل المواد الصلبة من حيث حجم دقاتها، ويتم العملية بإمرار دقات المادة الصلبة قبل أو بعد عملية السحق في مناخل ذات ثقوب مختلفة الأقطار ( السعة ) ، وتفصل دقات المادة بعد العملية طبقاً للقاعدة:

$$n = \frac{D}{d}$$

حيث  $n$  = درجة السحق ، و  $D$  = حجم دقات المادة الصلبة قبل السحق ،  
و  $d$  = حجم دقات المادة الصلبة بعد السحق .

وقد يجري السحق بين قرصين: أحدهما ثابت، والثاني متحرك، ويمكن تنظيم المسافة بين القرصين للحصول على حجم معين من الدقات المرغوبة فيها وتعين المسافة بموجب القاعدة التالية :

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{W_1 A}{W_2 G} = \frac{r+a}{r+R}$$

$$0.961 = \frac{\alpha}{2} \text{ و } 16^\circ = \frac{r+a}{r+R}$$

إنن :

$$0.961 = \cos \frac{\alpha}{2}$$

وتخضع الكتلة (G) الموجودة بين القرصين للقوة (R) التي تكون الزاوية  $\frac{\alpha}{2}$  مع المحور  $W_2, W_1$  .

$r$  = نصف القطر .

واستنادًا إلى درجة السحق وسعة ثقب المناخل تصنف الدقائق إلى :

- أ- الصنف الخشن : يبلغ قطر دقائقه أكثر من 50 ملليمتر .
- ب- الصنف المتوسط : يبلغ قطر دقائقه بين 5 - 50 ملليمتر .
- ج- الصنف الناعم : يبلغ قطر دقائقه ما بين 0.5 - 5 ملليمتر أو أقل .

ويستعمل في هذا المجال الطاحونات القرصية المسطحة والتي تدور أفقيًا، وتستعمل أيضًا الطاحونات المطرقية، أو طاحونات الكرات (الطاحونات الأنبوبية) وهي طاحونة أسطوانية أنبوبية تدور على محورها الأفقي المائل .

وتتقسم الأسطوانة إلى عدد من الفرق وفي كل غرفة مجموعة من الكرات الفولاذية ، وتكون كرات الغرفة الأولى كبيرة الحجم، ثم تبدأ بالصغر إلى الغرفة الأخيرة التي تسحق فيها المادة سحقًا ناعمًا تقريبًا كما في سحق كلينكر الأسمنت .

العوامل المؤثرة على عملية الغريلة :

- من العوامل الرئيسية التي تؤثر على سير عملية الغريلة هي :
- أ- نوع وطبيعة المناخل من حيث مادتها وسعة ثقبها ومقاومتها للتآكل.
- ب- حركة المناخل من حيث كونها يدوية اهتزازية أو آلية بأنواعها .
- ج- طبيعة الدقائق وحجمها .
- د- مدة الغريلة وسرعتها؛ إذ تؤدي زيادة السرعة ومدة الغريلة في الغالب إلى تفتيت الدقائق داخل المناخل، وتوجد أنواع مختلفة من المناخل؛ ما بين

يدوية بسيطة، وآلية معقدة ذات حركات اهتزازية سطحية، أو مائلة أو دوارة.

وتصنع المناخل عادة من الألياف الطبيعية النباتية والحيوانية، أو الألياف الاصطناعية والصفائح المعدنية .

ويجب تجفيف المواد قبل سحقها ، وقد يؤدي وجود وسط سائل إلى حدوث تفاعلات كيميائية، لكن قد تسحق بعض المواد في الوسط الرطب وخاصة المواد التي تولد عند تجفيفها شحنات كهربائية .

وللسحق الرطب فوائد: منها تحاشي تكوين الغبار وتقليل مقاومة الكتل الصلبة، وقد يبطن للسطح الداخلي لبعض الطاحونات ب مواد مقاومة خاصة ، مثلاً: عند سحق المواد المتفجرة يغطي السطح الداخلي للطاحونة بالمطاط، وتستعمل أيضاً كرات مطاطية للتكسير .

وقد تسحق بعض المواد في حالة التجمد حيث تبرد بواسطة سائل النيتروجين، وتسحق في مطحنة مطرقية كما في سحق أثيل السليلوز والبلاستيك ومبيدات الحشرات ، والمنتجات الصيدلانية من البنسلين وسلفوناميد وبعض المنتجات الغذائية .

**الفرز بالهواء :**

وهذه طريقة خاصة لفصل وتصنيف دقائق المادة الصلبة تبعاً لكتلتها المختلفة، باستخدام تيارات الهواء بدلاً من السائل، حيث يغذى الجهاز بدقائق المادة الصلبة من طرفه الأعلى، ويدفع تيار من الهواء إلى الداخل من خلال فتحة سفلى، حيث يقابل تيار الهواء دقائق المادة الصلبة، ويمتزج معها حاملاً الدقائق الناعمة من المادة الصلبة والغبار أيضاً إلى الخارج من فتحة



جانبية تاركاً الدقائق الخشنة التي تتساقط تدريجياً إلى أسفل الجهاز وتسحب إلى الخارج .

وتغذى الطاحونة بكتل المادة المخزونة، ويوجه نحوها تيار من الهواء الساخن القادم من السخان الجانبي . ثم يسحق الخام ويجفف أيضاً خلال العملية، ومن ثم يصنف إلى الدقائق الخشنة والناعمة . تجمع الدقائق الناعمة في الخزان، وتعاد الدقائق الخشنة إلى الطاحونة ثانية . والفراغات على أنواع منها:

- أ- فراز الثقل النوعي .
- ب-الفراز الدوار .
- ج- فراز القوة الطاردة المركزية .

#### الفصل الرطب :

يشمل فصل المواد الصلبة في وسط سائل وهي عملية تختلف تقنياً عن عملية التركيز والترشيح ، ويعتمد الفصل والتصنيف في هذه الحالة على حجم وكثافة الدقائق الصلبة التي تؤثر في سرعة حركة هذه الدقائق، ومن ثم سقوطها في مجرى السائل .

وتتضمن العملية بصورة عامة دفع الدقائق الصلبة بوسائل معينة مع السائل خلال جهاز خاص، حيث تسقط الدقائق الصلبة حسب أوزانها بتأثير القصور الذاتي وجانبية الأرض، أو قوة الطرد المركزي وبموجب قاعدة ستوكيس :

$$v = \frac{2}{g} \cdot \frac{(d_1 - d_2) r^2 \cdot g}{\eta}$$

حيث  $v$  = سرعة سقوط الدقائق الصلبة .

$\eta$  = لزوجة السائل .

$r$  = نصف قطر الدفينة الساقطة .

$d_1$  = كثافة الدفينة الساقطة .

$d_2$  = كثافة السائل .

$g$  = التعجيل الأرضي .

### جهاز فصل مائي دوار :

وهو فرازة لفصل الدقائق الصغيرة بتأثير القصور الذاتي، والقوة الطاردة المركزية، يسحب أو يدفع المستحلب نحو ضغط ما بين ( 0.2 – 2 جو ) بصورة أفقية إلى داخل أسطوانة مخروطية .

حيث تتجمع الدقائق الكبيرة من المادة الصلبة بفعل القوة الطاردة المركزية على جوانب الأسطوانة المركزية، وتسحب من الفتحة السفلية وتخرج الدقائق الناعمة الخفيفة مع السائل ( الماء ) من الفتحة العلوية . وتكون أقطار هذه الدقائق ما بين ( 3 – 300 ) مايكرون .

ويمكن السيطرة على العملية عن طريق تحديد ضغط سحب المزيج الصلب والسائل وتدفقه أو تحديد سعة الفتحة السفلية، ويمكن حساب معدل سرعة التدفق (  $v$  ) من العلاقة التالية :

$$v \cdot r^n = K \text{ ( مقدار ثابت )}$$

حيث  $v$  = سرعة التدفق .

$r$  = نصف القطر .

$$n = \frac{1}{2} \text{ تقريباً .}$$

## فصل المواد الصلبة في المجال الكهربائي :

تستعمل هذه الطريقة في الغالب في فصل الدقائق الصلبة الموجودة في أنظمة الغازات والسوائل، كما في ترسيب الغبار ودقائق الدخان وتكثيف أنواع الأبخرة ، وتعتبر قطيرات الماء أو دقائق الغبار كضباب من المواد الصلبة، أو السائلة في الوسط الغازي وهي تشكل معه أنظمة غروية .

وتلعب إزالة الغبار في المجال التكنولوجي وتلوث الجو دوراً بارزاً . وهي تستند على تعادل الشحنات الكهربائية الموجبة، أو السالبة للمواد الغروية، وفصل المواد التي لها قابليات متباينة للتوصيل الكهربائي، ويجري الفصل اعتيادياً في مجال كهربائي متجانس .

## فصل المواد الصلبة في المجال المغناطيسي :

تستعمل هذه الطريقة لفصل مزيج من المواد الصلبة على أن يكون لأحدهما صفات مغناطيسية، بينما الآخر لا يتمتع بالصفات المغناطيسية ، وكذلك في فصل المعادن وخاماتها التي تتباين في صفاتها المغناطيسية .

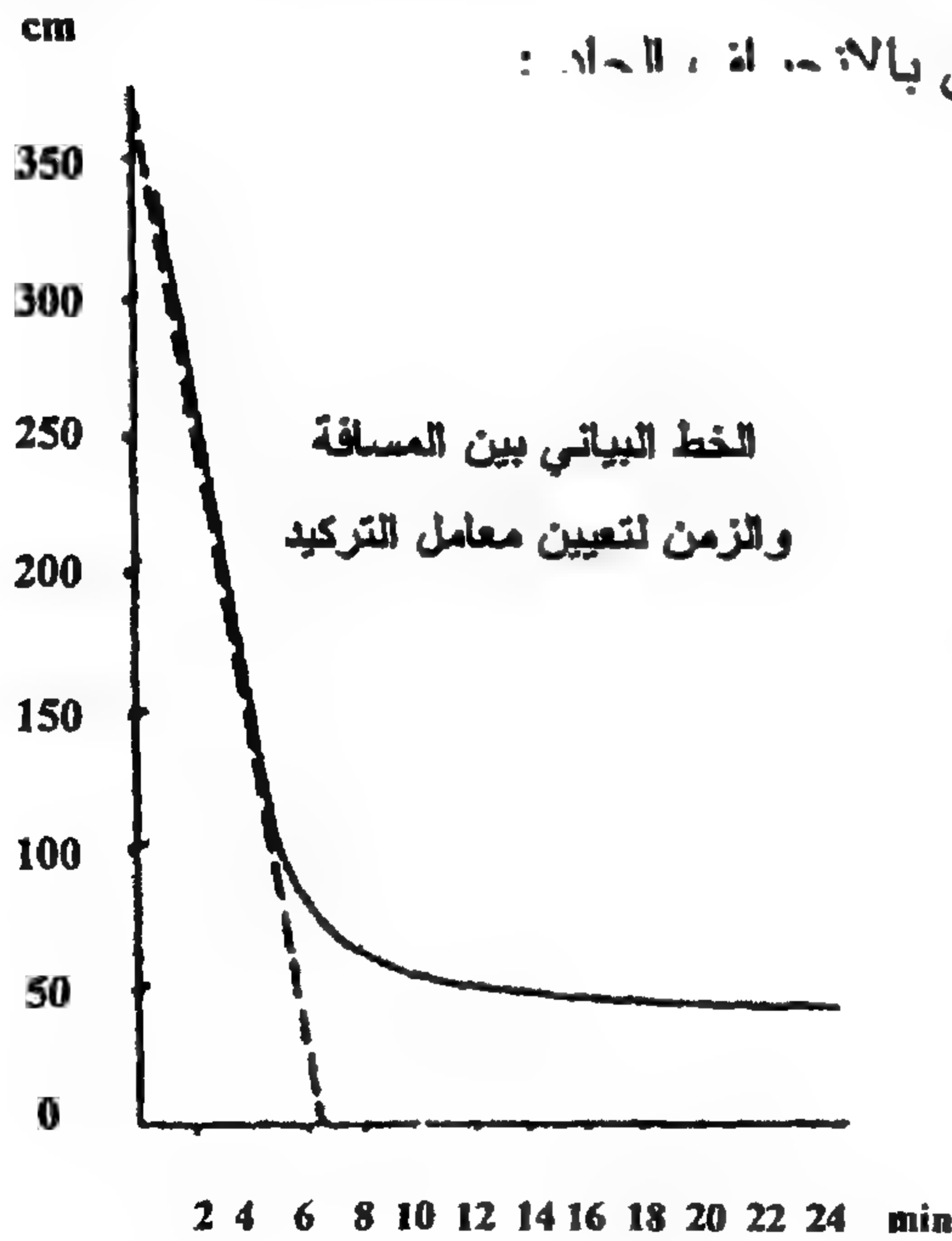
وتصنف المعادن وخاماتها على هذا الأساس إلى المعادن ذات المغناطيسية القوية: مثل: الحديد، والنيكل، والكوبلت، والمغنيسيوم، والنيثانيوم، والمواد الضعيفة المغناطيسية، مثل: خام الحديد، وبايرت النيكل، أو الكروم والمواد عديمة الصفة المغناطيسية، مثل: الأسبست، والبوكسايت، والجالينا والفيلدسبار، وحجر الكلس، وأملاح البوتاسيوم والكوارتز .

وتستعمل لهذا الغرض عجلات أسطوانية إلكترومغناطيسية دوارة مصنوعة من الفولاذ، وهي تكون مجالاً مغناطيسياً قوياً، وتعطي صفة مغناطيسية للأجسام التي تتمغطس .

## عملية التريـد :

تستعمل هذه العملية في ترسيب الدقائق متفاوتة الكتل غير المذابة في المحلول ذاتيًا، وهي تعتمد على أن الدقائق الخشنة تترسب وتتركد أسرع من الدقائق الناعمة . وهي تسبق في الغالب عملية الترشيح وتعتمد على مجموعة من العوامل منها : حجم الدقائق الصلبة ولزوجة العصير أو المحلول ودرجة حرارته . وقبل البدء بعملية التريـد يجب تعيين قيمة معامل التريـد (Sk) مختبريًا وبالصورة التالية : ( بالنسبة إلى عصير السكر ) :

يوضع العصير في أسطوانة خاصة ويقرأ ارتفاع الطبقة المترسبة في كل دقيقة ويرسم الخط البياني كما في الشكل التالي، وتثبت معامل التريـد وهو النقطة التي يبدأ منها الخط البياني بالانحدار :



$$S_K = 380 : 6.8 = 5.6 \text{ cm / min}$$

$$S_v = (42 \times 100) : 350 = 12 \%$$

ويرمز إلى حجم الراسب ( الوحل )

بعد 25 دقيقة من التريـد بالحرف (-)

ويمكن استعمال هذه العلاقة في مقارنة نوعية التريـد وطبيعة المواد العالقة في السوائل ، وتتكون أجهزة التريـد بصورة عامة من برج أسطواناني ذي



نهاية مخروطية، وتنقسم الأسطوانة إلى عدد من الغرف المخروطية . ويكون الطرف المخروطي باتجاه أسفل البرج أو أعلاه، وتتصل الغرف بأنابيب جانبية تتصل عمودياً بحوض في الطرف العلوي من البرج ، ولكل أنبوب حنفية خاصة يمكن فتحها أو غلقها حسب نقاوة العصير في الطبقات الداخلية من البرج .

ويغذى البرج من الطرف الأعلى عن طريق أنبوب يصل إلى طرفه الأسفل المفروض أن يصعد العصير النقي إلى الغرف العليا، وتتركب الدقائق الصلبة حسب كتلتها في الطبقات السفلى تدريجياً وتسحب من أسفل البرج إلى وحدات الترشيح اللاحقة . ويرتبط البرج من الخارج بعمود جانبي لمعرفة مستوى العصير داخله .

ويفضل في عملية التركيز أن يكون دخول العصير وخروجه ذاتياً؛ لأن سحب أو دفع العصير يؤدي إلى عدم إعطاء المجال الكافي لترسيب الدقائق الصلبة وحتى تبقى درجة حرارة العصير الرائق ( تقريباً ) ملائمة لإكمال عملية الترشيح ( إذا دعت الحاجة ) .

### عملية التعويم :

تستخدم هذه العملية بصورة عامة في فصل خامات المعادن من: الخارصين، والرصاص، والنحاس عن المواد الترايية غير المرغوب بها، وتتجز العملية بوضع دقائق الخام في حوض يحتوي على ماء ممزوج بمواد لها صفة التجميع، مثل: كزائنات أثيل الصوديوم، أو البوتاسيوم  $S = C ( OC_2H_5 ) Na$  ، حيث تلتصق جزيئات الكزائنات التصاقاً قوياً، بسطح الخام، وتتجه معاً نحو الطرف الأعلى من الحوض .

و عند تعويم جزيئات مادة التعويم بدقائق الخام ، فإنها تعمل كطبقة دهنية تحمي دقائق الخام من البلل، ومن ثم تعمل على تعويمها في الماء، وفي الوقت نفسه لا تتعلق مادة التعويم بدقائق المواد الترابية بالقوة الكافية ، بل تتبلل وتسقط في قاع الحوض .

ويمكن زيادة طاقة التعويم بإضافة مادة رغوية على الماء مع إمرار تيار من الهواء خلال الماء ، حيث تتكون فقاعات رغوية صغيرة وتزداد بدورها المساحة السطحية الملامسة للهواء ، وبالاختيار المناسب للتعويم يمكن إحداث تفاوت في تراكيز التعويم .

ويمكن بهذه الطريقة فصل دقائق من كبريتيد الرصاص والخرصين، وذلك باستعمال محلول سيانيد الصوديوم ، ويمكن أيضاً الحصول على النيكل من فصل كبريتيدي النحاس والنيكل بعمليات التعويم المتفاوتة.

وتصنف مواد التجميع بصورة عامة إلى :

#### أ- مواد التجميع السالبة :

ومنها قد تحتوي على مجموعة الهيدروكسيل، مثل: الأحماض العضوية، والأحماض السلفونية، والسلفات الألكيلية ، وقد تكون مواد التجميع السالبة مع مجموعة الميركتان  $R - SH$  مثل ثايوكربونات ( الزانثات )  $ROCS - SH$  ، ويحصل على الزانثات من إضافة الكحولات وهيدروكسيد البوتاسيوم إلى كبريتيد الكربون ( $CS_2$ ) .

#### ب- مواد التجميع الموجبة :

كأنواع الأمينات مثل هيدروكلوريد ستيريل الأمين، ولهذه الطريقة استعمالات كثيرة ، مثلاً يمكن استخلاص أملاح البوتاسيوم المستخدمة كسماد من خاماته السيلفينات .

## الفصل بواسطة قوة الدفع المركزي :

قد لا يكفي الثقل النوعي لوحده في فصل الدقائق الصلبة الصغيرة من السوائل، أو الغازات، وتكون عملية التركيز في هذه الحالة بطيئة جدًا ؛ ولهذا السبب تستعمل قوة الطرد المركزي في المجالات التالية :

(أ) في فصل أو زيادة تركيز بعض المستحلبات ( مثل القشطة ) وبموجب قانون ستوك هو كما يلي :

$$v = \frac{d^2 (\gamma_1 - \gamma_2)}{18 \eta}$$

حيث  $v$  = السرعة  $d$  = قطر قطيرة الطور المتشتت ( من النشيت ) .

$\gamma_1$  = الفرق بين الوزن النوعي للسائلين .

$\eta$  = لزوجة الطور الحر .

(ب) فصل الصلب من السائل عن طريق التركيز أو التجفيف الطرد المركزي .

( ج ) فصل المواد الصلبة حسب أحجامها المختلفة .

( د ) فصل المواد الصلبة حسب أنقالها الوزنية في المستحلب .

( هـ ) استخلاص السائل - السائل .

( و ) زيادة التركيز كما في زيادة تركيز الوحل في بعض المجالات الصناعية .

تحتسب قوة الطرد المركزي عند التشغيل بموجب القانون التالي

وهو كما يلي :

$$Z = \frac{G}{g} \quad .r. W^2 = m \frac{v^2}{r} \quad (KP) \quad (1)$$

حيث  $g =$  كتلة المادة (G) تحت تأثير جاذبية الأرض ( $r = 9.81$  م مربع / الثانية ) .

$r =$  نصف قطر أسطوانة الجهاز .

$v =$  السرعة الخارجية للأسطوانة .

$$v = 2 \pi \cdot r \cdot n / 60 \text{ or } W \cdot r \text{ ( m / sec. )}$$

$$W = 2\pi \cdot n / 60 \text{ ( sec. )} \quad \text{السرعة الزاوية} = w$$

$n =$  عدد دورات الأسطوانة في الدقيقة .

إنن :

$$Z \frac{G}{g} \quad r \cdot W^2 = \frac{G}{g} \quad .r \cdot \pi n^2 / 30^2$$

$$= 11179 \times 10^{-3} G \cdot r \cdot n^2 \text{ ( KP )}$$

$$= G \cdot r \cdot n^2 / 900 \text{ ( KP )}$$

ويميز الطرد المركزي إلى قوة النقل النوعي وهي مقياس لقوة فصل جهاز الطرد المركزي :

$$C \frac{Z}{G} = \frac{m \cdot r \cdot W^2}{m \cdot g} = \frac{m \cdot r \cdot \pi^2 \cdot n^2}{30^2 m \cdot g}$$

$$C = \frac{r^2 \cdot n^2}{900}$$



يتكون جهاز الطرد المركزي للفصل من دولاب أسطواناني منخلي يدور على محوره الأفقي ، ويكون الدولاب داخل غلاف خارجي ، وتختلف سعة الثقوب المنخلية باختلاف طبيعة الدقائق الصلبة والتي تعين في الوقت نفسه سرعة الدوران وعدد وجبات التشغيل .

ويمكن من معرفة وجبات تشغيل جهاز الطرد المركزي وسعته في معمل ما حساب عدد الأجهزة اللازمة : مثلاً يستهلك معمل السكر 2000 طن من البنجر يومياً ، وهو ينتج 680 طن من السكر ( A ) ، و 280 طن من السكر ( B ) ، و 140 طن من السكر ( C ) .

علمًا بأن عدد وجبات التشغيل هو 12 , 20 , 4 على التوالي وسعة الجهاز B , C تساوي 350 كغم ، وأن ساعات تشغيل الجهاز تساوي 22 ساعة .

فما عدد الأجهزة اللازمة للأصناف الثلاث :

$$\frac{680000}{500 \times 22 \times 12} = \text{عدد الأجهزة اللازمة للمنتج A}$$

$$5 =$$

$$\frac{280000}{350 \times 22 \times 20} = \text{عدد الأجهزة اللازمة للمنتج B}$$

$$2 =$$

$$\frac{40000}{350 \times 22 \times 4} = \text{عدد الأجهزة اللازمة للمنتج C}$$

## عملية الترشيح :

الترشيح عملية فيزيائية ( آلية - ميكانيكية ) تجري لغرض فصل المواد الصلبة غير الذائبة في الوسط السائل ، وتتم العملية بصورة عامة باستعمال مرشحات مختلفة ذات تقوُب معينة تسمح إلى حد ما بمرور السائل دون الدقائق الصلبة . وتجري العملية بطريقة الوجبّات ( الطريقة المتقطعة ) ، أو بالطريقة المتواصلة .

وتتوقف عملية الترشيح وسرعة إنجازها على عوامل كثيرة منها :

أ- حجم الدقائق الصلبة : فالدقائق الكبيرة تسهل عملية الترشيح بعكس الدقائق الناعمة جدًا التي تعمق العملية من خلال سدها لمسامات المرشح، أو مرورها خلال مساماته مع السائل خاصة في حالة المحاليل الغروية .

ب- سمك الطبقة المترسبة على سطح المرشح : يلعب سمك الكعكة التي تتكون على سطح المرشح دورًا بارزًا في سرعة عملية الترشيح .

ج- لزوجة السائل ( العسير ) .

د- درجة حرارة السائل .

هـ- الضغط الواقع على سطح المرشح .

ويمكن تعيين سرعة عملية الترشيح ( سم / ثانية ) بدلالة سرعة تدفق السائل خلال سطح القماش والطبقة المترسبة عليه ، ويمكن التعبير عن كفاءة المرشح بدلالة كمية ( أو حجم ) المادة المرشحة في وحدة زمنية ( ساعة ) على وحدة السطح ( متر مربع ) .

وتعبر سعة الكسبة المترسبة ( الكعكة المترسبة ) بدلالة كمية الكسبة المترسبة ( المتراكعة ) على وحدة السطح في وحدة زمنية ( Kg / m / hr ) ، وترجع المقاومة الأساسية لعملية الترشيح إلى الطبقة المترسبة ( Wk ) .

وتتناسب سرعة التدفق  $dV / dZ$  مع قوة الدفع الناجمة من اختلاف الضغط على جانبي المرشح (  $\Delta P$  ) . إذن:

$$\frac{dV}{dZ} = \frac{\Delta P}{Wk}$$

$$Wk = \frac{Ws \cdot l}{F}$$

حيث  $Z =$  الزمن  $l =$  سمك الكسبة  $F =$  مساحة الكسبة  $Ws =$  المقاومة النوعية للكسبة .

وبما أن :

$$l = \frac{V \cdot v}{F} , \quad Wk = \frac{Ws \cdot V \cdot v}{F^2}$$

$V =$  حجم الراشح  $v =$  حجم المادة المترسبة الموجودة في متر مكعب من الراشح .

إذن :

$$\frac{dV}{dZ} = \frac{\Delta P \cdot F^2}{Ws \cdot V \cdot v}$$

وتعتمد المقاومة النوعية (  $Ws$  ) على طبيعة القماش المستخدم ، وإذا كان السطح من المعدن . فلا تعتمد المقاومة النوعية على الضغط ، لكن إذا كان سطح المرشح بلاستيكي فتعتمد المقاومة النوعية على طبيعة الضغط المستخدم .

وتتكون المرشحات عادة من طبقات الرمل والحصى كما هو الحال في تصفية مياه الشرب ، وقد تتكون أجهزة الترشيح من مرشحات نسيجية

من الأقمشة الطبيعية، أو الصناعية، أو من مرشحات معدنية،  
أو فخارية ( سيراميكية )، أو من الألياف الزجاجية .

ومن أنواع المرشحات الشائعة والمستعملة في مجال الصناعة :

أولاً : المرشح الضاغط :

يعمل المرشح الضاغط بطريقة متقطعة وهو يتكون من عدد من  
الإطارات متصلة على التوالي من خلال فتحات خاصة . ويحتوي كل إطار  
على صفيحة معدنية مثقوبة تغطي من الجانبين بقماش الترشيح، ويضخ خلاله  
السائل المراد ترشيحه ويبلغ الضغط المستخدم ما بين 2 - 3 جو .

وينجز الترشيح تحت ضغط منخفض يتراوح ما بين 0.15 - 0.03 جو ،  
ويستعمل هذا النوع من المرشحات في الغالب في مجال الصناعات الغذائية  
والأصباغ والأنسجة ، ويكون المرشح الضاغط على نوعين :

أ- المرشح الإطاري:

يتكون من حجرة المزيج وحجرة الماء والإطار وتترتب أجزاء  
المرشح بالشكل التالي : حجرة المزيج - إطار الراسب - حجرة الماء -  
إطار الراسب - وهكذا .

ب- المرشح الغرفي:

يتكون من حجرة المزيج وحجرة الماء تزال كسبة الترشيح في  
المرشح الإطاري مع الإطار معاً ، وإذا دعت الحاجة يمكن غسل سطح  
المرشح بالماء مباشرة ، فيدخل الماء من فتحة خاصة .

ويصنع قماش الترشيح في الغالب من القطن، أو الصوف، أو الكتان، أو  
الألياف الزجاجية وألياف الديدرون، والألياف الصناعية الأخرى المقاومة

للأحماض والقواعد والمركبات العضوية ، ويمكن استعمال صفائح معدنية مثقوبة .

أيضاً يتميز المرشح الضاغط بوجود سطح واسع للترشيح مع احتلاله موقعاً صغيراً نسبياً في المعمل ، ويفضل دائماً أن يكون تصميم المرشح على هذا الأساس وهو أن تكون نسبة سطح الترشيح إلى الموقع الذي يحتله كبيرة جداً ، وتستغل هذه العلاقة أيضاً في تصاميم المبادلات الحرارية والمبردات والخلايا الإلكترونية والأسموزية وغيرها .

ويمكن في حالات فصل كميات كبيرة من الكسبة مع استهلاك كميات قليلة من ماء الغسل استعمال مرشحات شبه آلية، ويمثل مرشح مور كنموذج بسيط لهذا النوع ، وهو يتكون من مجموعة من الإطارات الأنبوبية المستطيلة الشكل .

وتغطي الإطارات بقماش الترشيح وتولج داخل أنبوب فيه السائل المراد ترشيحه ، وتكون النهاية السفلى من الأنابيب المثقوبة تحت ضغط منخفض . وبتأثير الضغط المنخفض يمر السائل خلال مسامات القماش وتبقى عليه الكسبة. يسحب الإطار المستخدم ويولج في أنبوب ( حوض مغلق ) مائي لغسله وإزالة الكسبة ، ويعاد الإطار إلى المرشح ثانية، وهكذا تعاد العملية .

ثانياً : المرشح الدوار :

يتكون المرشح الدوار بصورة عامة من أسطوانة دوارة مغطاة بقماش، أو شبكة معدنية ، ويكون المرشح الدوار بصورة عامة على نوعين : المرشح الدوار الخلوي، والمرشح الدوار غير الخلوي ، ويتكون المرشح الخلوي من حوض فيه مزيج السائل وتغمر فيه أسطوانة دوارة على محورها الأفقي ومغطاة بقماش أو شبكة معدنية .



تتقسم الأسطوانة من الداخل إلى حجرات تتصل على التوالي بخطوط ضغط منخفض، وعند دورات الأسطوانة يمتص السائل الرائق بفضل الضغط المنخفض إلى داخل الأسطوانة وتتراكم الكسبة على سطحها الخارجي . ويمكن غسل الطبقة المتراكمة بتيار من الماء البارد أو الساخن قبل سقوطها من السطح الخارجي للأسطوانة وبواسطة السكينة .

ويكون المرشح الدوار غير الخلوي بكامله تحت الضغط المنخفض، ويرتبط موقع سقوط الكسبة بغرفة خاصة تدعى غرفة الضغط . ومن هذه الغرفة يمكن الضغط بواسطة البخار على الطبقة المترسبة ودفعها إلى الخارج .

ويفضل المرشح الدوار غير الخلوي على الخلوي لأمرين رئيسيين :

- تكون قابلية الامتصاص ( سحب العصير ) عالية حيث تؤدي إلى رفع كمية الإنتاج ( كفاءة التشغيل والإنتاج ) .

- في المرشح غير الخلوي لا يمكن فصل ماء الغسل حيث يمتزج مع العصير الرائق والذي يؤدي إلى تخفيفه .

وبصورة عامة يمكن تلخيص محاسن الطريقة المتواصلة في الترشيح في النقاط التالية :

أ- الاقتصاد في الأيدي العاملة ؛ لأن ترشيح المرشحات المنقطعة وتنظيفها عملية يدوية شاقة بعكس المرشحات المتواصلة .

ب- الاقتصاد في استهلاك أقمشة الترشيح .

ج- الاقتصاد في ماء التَحلية ، وهو الماء الذي يستعمل في غسل  
طبقة الكسبة . وقد تصل كميته في المرشحات الدوارة  
إلى 70 - 90 % وتصل في المرشحات الضاغطة المتقطعة  
إلى 100 - 150 % .

\* \* \*

## " الأسئلة "

- 1- اذكر في نقاط مجموعة العمليات الفيزيائية في الصناعات الكيميائية .
- 2- اكتب مذكرات علمية وافية عن كل مما يأتي :
  - أ- عمليات النقل
  - ب- التقطيع
  - ج- الطريقة السويدية
  - د- عمليات التكسير والسحق
- 3- تكلم بالتفصيل عن كل مما يأتي :
  - أ- الفصل بالمنخل .
  - ب- العوامل المؤثرة على عملية الفرعية .
  - ج- الفرز بالهواء
  - د- الفصل الرطب
  - هـ- جهاز فصل مائي دوار
- 4- بين بالشرح والتحليل فصل المواد الصلبة في المجال الكهربائي وفي المجال المغناطيسي .
- 5- اشرح بالرسم عملية التركيد والتعويم .
- 6- تكلم عن كل مما يأتي بالتفصيل :
  - أ- مواد التجميع السالبة .
  - ب- الفصل بواسطة قوة الدفع المركزي .
  - ج- عملية الترشيح والعوامل التي تتوقف عليها .
  - د - المرشح الضاغط
  - هـ- المرشح الدوار

\*\*\*

## الباب الثالث

### صناعة السكر

#### مقدمة :

تعد النباتات مصدراً للكربوهيدرات والسكر والنشا، لأنها تصنع في النبات بوجود طاقة الشمس وباستعمال الماء وثنائي أوكسيد الكربون ، وعلى الرغم من أن الإنسان عرف قصب السكر منذ القديم ، إلا أنه لا يمكن معرفة متى بدأ الحصول على خام السكر من النباتات .

لكن الاستخلاص الأول بدأ في أمريكا باستعمال قصب السكر ، أما بنجر السكر فتمت معرفته في الهند وصناعة السكر منه بدأت في أوائل القرن الثامن عشر ، حيث إن السكر يجهز الإنسان ب 13% من الطاقة التي يحتاجها في نموه والتي تأتي من تصنيع السكر من قصب السكر والبنجر السكري .

#### قصب السكر :

هو من أفراد العائلة العشبية ( النجيلية ) وينمو إلى ارتفاع 8-15 قدماً، ويحتوي على 7-20% سكروز وزناً حسب نوعه ، نظراً لوجود أنواع عديدة منه ، وينضج في حدود 12-15 شهراً وينمو في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية .

#### البنجر السكري :

من النباتات العشبية ثنائية الحول أي يكمل دورة حياته في سنتين ويكون السكر مخزوناً في الجذر ، وينمو في المناطق المعتدلة وهو يشبه الجزر ويحتوي على 18 % سكروزاً .

## السكروز :

يسمى سكر الطعام وسكر القصب وسكر البنجر ، ويوجد في عصير الفاكهة والخضروات وفي العسل وينتج من عصير السكر وسكر النخيل وينتج تجاريًا من قصب السكر والبنجر .

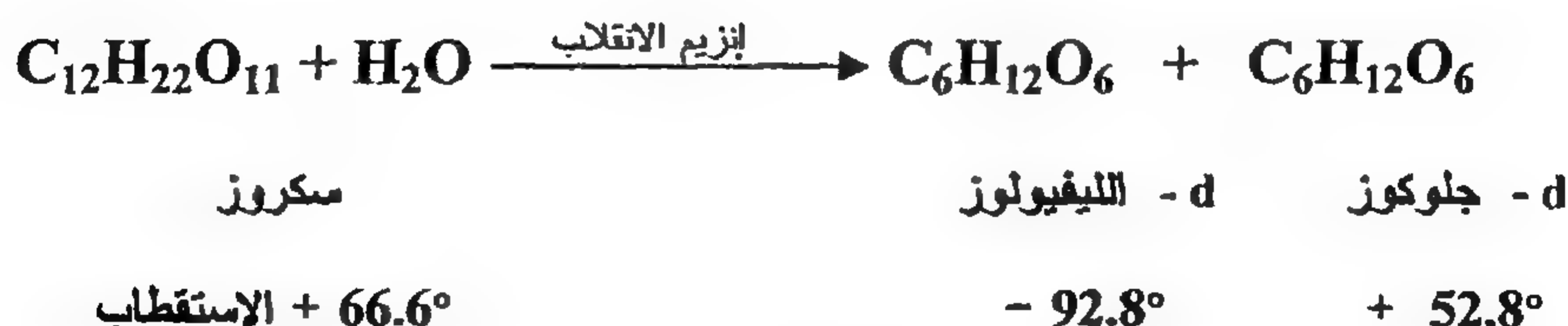
ويتألف السكروز من وحدة الجلوكوز ووحدة الفركتوز ، لأنه سكر ثنائي، ويكون الارتباط بين مجموعة الديهايد للجلوكوز ومجموعة الكيتون للفركتوز أو الليفيولوز . يمكن أن يتحلل السكروز مائيًا بالأحماض أو الأنزيمات أو الخمائر لينتج خليطًا من الفركتوز والجلوكوز يسمى السكر المعكوس أو المنقلب ( invers sugar ) .

## صناعة السكر من البنجر :

تتم صناعة السكر من البنجر بعدة مراحل وتشمل هذه المراحل :

### أولاً : نقل البنجر وتقطيعه :

يحصد البنجر ويكون ملوثًا بكمية قليلة من الأوساخ ويحرص على تخديشه؛ لأن ذلك يؤدي إلى تكون السكر المنقلب أو المتحول ، أي سكر الجلوكوز والفركتوز ، وكذلك تزداد نسبته بالخرن أو التعفن أو التجمد . ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة الآتية :



يسمى الناتج سكرًا منقلبًا والاستقطاب للسكروز النقي 66.6° + وللخليط  
تقرأ - 20.0 .



$$\frac{+ 52.8^{\circ} - 92.8^{\circ}}{2} = - 20.0^{\circ}$$

ويمكن معرفة تركيز السكروز بواسطة جهاز الاستقطاب؛ لأنه يحتوي على عدد من ذرات الكربون غير المتماثل، لذلك يبدي فعالية للضوء المستقطب؛ ولتوضيح ما ذكر فإن الإشعاع الكهرومغناطيسي يتألف من موجات في جميع الاتجاهات الممكنة .

وعند مرور الضوء خلال منشور خاص . يمكن حذف شدة جميع اتجاهات التذبذب هذه ما عدا واحد ويقال: إن الحزمة مستقطبة وجميع الموجات المتبقية موازية لمستوى واحد . عند مرور حزمة الضوء المستقطب خلال محلول السكروز يمال أو يدار مستوى الاستقطاب نحو اليمين ( + ) مع عقارب الساعة .

أما الخليط أي السكر المنقلب . فيدار مستوى الاستقطاب نحو اليسار أو عكس عقارب الساعة . ونتيجة لهذه الخاصية ( أي أن لمحلول السكر فعالية ضوئية ) يمكن الاستفادة منها في تقدير تركيز السكر في المحلول ، كذلك يمكن تعيين كمية السكر بواسطة جهاز مقياس السكر .

وتقطع منطقة الرأس للبنجر، وينقل بواسطة قنوات مائية للتخلص من الشوائب الصلبة، وتحتوي هذه القنوات على حفر لتجميع المواد الصلبة تسمى ماسكات الحجارة، وهناك ماسكات مسننة لمسك الأوراق والأعشاب، ثم يغسل البنجر بغسالة البنجر باستخدام ماء قوي وبالتيار المعكوس .

ثم يقطع البنجر إلى شرائح تشبه الأغصان ( كوسيت ) بسكاكين حادة حتى لا تخدش الخلايا بحيث يؤثر على عملية الاستخلاص

بالتنافذ ، وكذلك فإن الشكل الغمدي يعطي أكبر مساحة سطحية تساعد على التنافذ أيضا .

### ثانياً : استخلاص السكر من البنجر بالتنافذ :

يتم استخلاص السكر ببطاريات تنافذ وتتكون من عدد من الخلايا توضع فيها شرائح البنجر ثم يمرر تيار من الماء بالاتجاه المعاكس، ويتم الاستخلاص عند درجة حرارة 80° لأنه عند هذه الدرجة لا يحصل انكماش في ألياف خلايا البنجر، ويكون نشاط الكائنات المجهرية الحية على أقلها وتكون أحسن سرعة للتنافذ .

أما كمية ماء التنافذ فتصل إلى ( 100% ) تقريباً من وزن البنجر في الطريقة المستمرة ، أما طريقة الوجيه فإن هذه الكمية تتضاعف ، والماء المستعمل يجب أن يكون نقياً حتى لا يؤثر على تبلور السكر وزيادة نسبة الرماد في السكر الأسمر .

أما سبب الرغبة في مرحلة التنافذ فهو مادة السابونين التي توجد تحت طبقة البشرة في البنجر وتزال بإضافة مواد مانعة الرغبة . إن طريقة الوجيه في الاستخلاص تشمل على تعبئة الخلية بالشرائح، ثم إضافة الماء والمزج، بعدها تفرغ الخلية وتتوقف فترة التنافذ على كمية البنجر المستعمل .

وهناك جهاز رايد للتنافذ على شكل متوازي المستطيلات مفتوح من الأعلى، ويتكون من 24 خلية، أما جهاز أولفر فيتكون من أنابيب معقوفة . وهناك أبراج تشتمل على العمليات السابقة مثل برج BMA نسبة إلى الشركة المنتجة ويتكون من حوض الفصل والمزج وبرج التنافذ وينقل البنجر خلال سلاسل النقل .

وبرج بوكاو يتكون من حوض أسطواناني للمزج مزود بنقال حلزوني لنقل الشرائح إلى برج التنافذ وبرج على شكل الحرف J ، ويدخل البنجر من الطرف القصير بواسطة سلسلة حلقيّة والماء من الأعلى .

ثم هناك التنافذ الأفقي مثل برج ( RT ) في داخله زوج من الناقل اللولبي لنقل الشرائح ويقسم البرج إلى 30 خلية . وجهاز تنافذ Dds من النوع الأفقي أيضًا على شكل حوض مائل بزاوية 8° وتقل الشرائح بناقلين حلزنيين يدوران باتجاه معاكس .

وقد يضاف حامض الكبريتيك والفورمالين عند عملية الاستخلاص كمادة حافظة . بعد استخلاص السكر تفصل الشرائح باستخدام مرشحات: إما على شكل غربال معدني، أو نسيجي، ثم تعصر الشرائح بعصارات لفصل الماء .

أما الشرائح المكبوسة فتجفف وتستعمل علفًا للحيوانات وتحتوي على السليلوز الذي يكون 26-27% من الكسبة الجافة ؛ لأنه يتأثر خلال عملية الاستخلاص، وكذلك يحتوي على 0.1-0.2% سكر .

### ثالثًا : تنقية العصير :

يمتاز العصير الناتج من خلية التنافذ بلون قاتم ولزج أي لونه أزرق مسود من 10-12% سكروز وسكر منقلب 2-3% ، ويكون حامضي (pH = 5.8-6) نتيجة لتأثير الكائنات المجهرية ، وتكون درجة حرارته 35-40° م وهذه الدرجة ملائمة لعمل أنزيم التايروسين الذي يؤكسد البروتين إلى مادة الميلامين التي تبقى في المحلول على شكل معلق غروي أسود .

ويتكون أيضاً عند ترك شرائح البنجر أو عصيره معرضاً للهواء نتيجة للسبب السابق نفسه . ونجد أن المركبات الملونة لا توجد في السكر البنجرى، ولكن يتكون من خلال استخلاص السكر نتيجة لتحلل السكروز في الوسط الحامضي ( أو حتى القاعدي ) وتشمل هذه المركبات مجموعة الكارامل التي تنتج من السكريات التي لا تحتوي على نتروجين ومعدن الحديد - بوليفينول .

وهذه المواد هي سبب ظهور اللون الأصفر المخضر، ولا يتغير هذا اللون خلال عملية الترويق . والميلانودين تنتج من تكاثف السكر المتحول مع الأحماض الأمينية، وتتكون من هذه التفاعلات مركبات تتضمن حلقة الفورفورال الخماسية .

ويزداد اللون وبأنواعه في المراحل التي ترتفع درجة الحرارة فيها وهي مرحلة التركيز وطبخ العصير، كما أن السكروز يتحلل في الوسط الحامضي أو القاعدي إلى جلوكوز وفركتوز، أو بتأثير أنزيم الانقلاب .

أما البكتريا أو الفطريات أو الخمائر فتؤدي إلى تكوين الكحول الأيثلي، وحامض الأوكزاليك، والكحول البيوتيلي، وحامض الليمون، وذلك يعتمد على نوع الأنزيم، علاوة على ما ذكر هناك أنزيم يعمل على اتحاد السكروز لتكوين الديسكسترين وفق المعادلة :



السكروز

ديكسترين

فركتوز

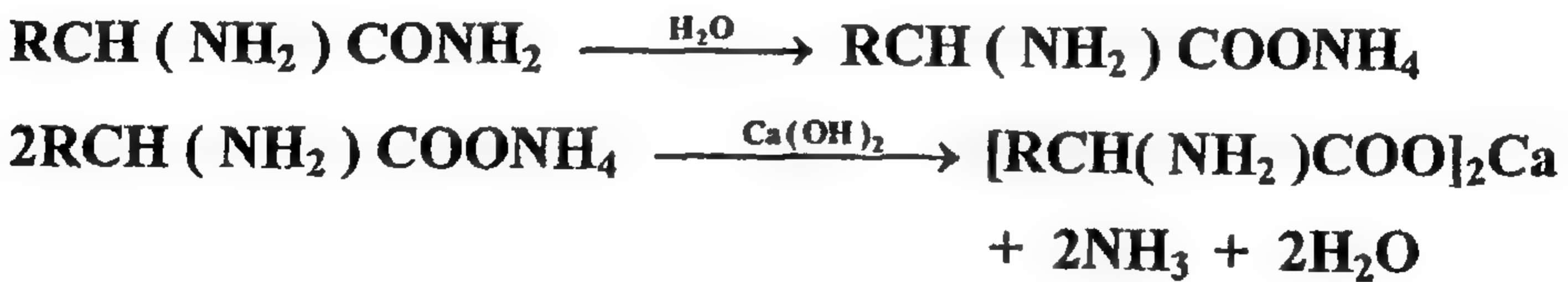
ونجد أن من نتائج عملية الاستخلاص أيضاً تكون الكيستوز وهو سكر ثلاثي ينتج من اتحاد الفركتوز مع جلوكوز، ويتأثر أنزيم الانقلاب فضلاً عن السكروز الموجود في العصير بوجود سكريات أحادية بنسبة ضئيلة ورافينوز وهو سكر ثلاثي ينتج من اتحاد السكروز مع الجالاكتوز

ومكونات بكتينية مثل كلاكتان وأرابان علاوة على مركبات غير سكرية وبروتينية .

وتتضمن عملية تنقية العصير من المكونات غير السكرية مرحلتين: مرحلة الترويق ( تسمى أيضا التكلّيس ) تعقبها مرحلة كربنة وتكرر هذه المراحل مرتين ، وتعرف مرحلة الترويق بأنها معالجة مستخلص البنجر بالكلس وفي عملية الترويق الأولى يسخن العصير إلى 90° .

وبعد ذلك يضاف حليب الكلس بنسبة 1.5-2.5% (عند pH = 10.5) لترسيب المواد الغروية والعالقة غير السكرية فتتعادل الحموضة بتكوين أملاح كالسيوم غير ذائبة مثل  $\text{CaHPO}_4$  وتتخثر البروتينات (عند pH = 10.6-11) أما البكتينات والأحماض الأمينية فتكون أملاح الكالسيوم الذائبة مع النورة وتفصل مع المولاس .

وتتحول السكريات الأحادية إلى أحماض عضوية ثم أملاح كالسيوم وتتفكك الأميدات إلى أملاح الأحماض العضوية والأمونيا، وقد يستعمل ثاني أكسيد الكبريت مع النورة للترويق ، ويمكن توضيح تفاعلات التنقية لصوبنة الأحماض والأميدات وتكوين أملاح الكالسيوم بالمعادلات الآتية :

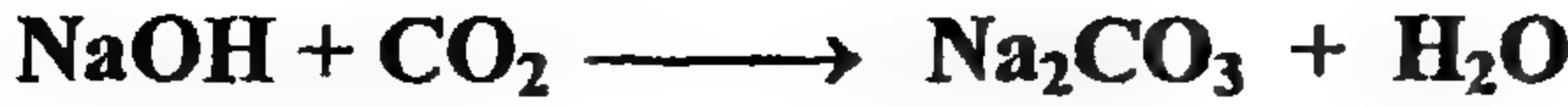


أما المرحلة الثانية فيضاف حليب الكلس 0.5% وعند pH ( 8.5-8.4 ) والمحتول ساخن ، أما مرحلة الكربنة فهي إمرار  $\text{CO}_2$  لإزالة  $\text{CaO}$  الزائد والقلوية وأملاح الكالسيوم الذائبة أي لتفكيك أي سكرات كالسيوم قد تكونت .

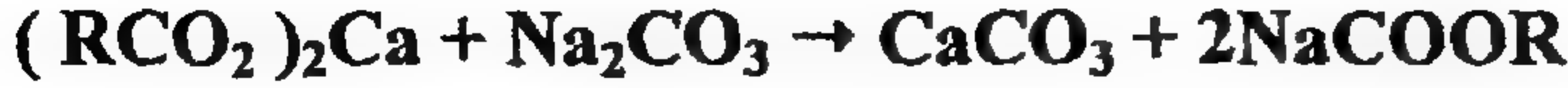




الزائد



القلوية



أملاح كلسية ذائبة

عمليات التنقية الإضافية:

يتم باستعمال ثاني أكسيد الكبريت عند  $\text{pH} = 8$  حتى لا تتفكك السكريات الأحادية وتكون الأحماض وعند وجود أملاح الكالسيوم تضاف صودا الغسيل قبل البدء بعملية إزالة الألوان لمنع تكون كبريتيت الكالسيوم الذائب الذي يترسب على أقمشة الترشيح وقد يستخدم  $\text{H}_3\text{PO}_4$  أو  $\text{CaHPO}_4$  أو المبادلات الأيونية لإزالة  $\text{Ca}^{++}$  وللحصول على صفاء جيد . بعد عملية القصر يكون لون العصير أصفرًا ذهبيًا مع نقاوة 92-94 .

رابعًا : التبخير والتسخين :

يركز العصير الناتج بالتسخين وتجرى العملية بخطوتين : التبخير والطبخ ، فيرتفع تركيز العصير ارتفاعًا كبيرًا يصل إلى ثلاثة أضعاف نتيجة لتبخير الماء بسلسلة ثلاثية من المبخرات ، ويقصر بعدها بالفحم المنشط ويرشح .

خامسًا : التبلور :

تجرى بعدها عملية الطبخ وتضاف بلورات السكر الناعمة إلى نظام التبريد لتساعد على نمو البلورات، ثم تفصل بلورات السكر المتبلور بجهاز طارد عن المركز وتغسل على جوانب منخل الجهاز الطارد ثم

يعبأ (0.09 طن سكر / 1 طن بنجر أو 9% سكر من وزن البنجر)، أما المتبقي فهو المولاس .

### صناعة السكر من قصب السكر :

يغسل قصب السكر لإزالة الأتربة والطين ، ثم يقطع ويشط ويمزق بكسارات من أجل تحضيره لاستخلاص العصير ، ويتم ذلك بإمرار مسحوق القصب خلال طواحين مزود بأسطوانة تحتوي على ثلاثة أحاديد لتكوين ضغط عال .

ويضاف الماء والعصير المخفف إلى المطحنة لتسهيل عملية الاستخلاص ، وبذلك يمكن استخلاص 93% من سكر القصب ، أما الفضلات البكاس فتستعمل لصناعة الورق أو يحرق كوقود .

يرشح العصير لفصل الشوائب والعصير الناتج يحتوي على مكونات ذائبة وغير ذائبة من البروتين والزيوت والشموع والمواد الملونة . ويضاف اللايم لتجميع جزء من المواد الغروية وترسيب قسم من الشوائب ، ويضاف حامض الفوسفوريك للحصول على صفاء جيد للعصير . ولكن في هذه الحالة يجب إضافة كمية زائدة من اللايم . يسخن العصير ببخار ماء تحت ضغط عال وينقل إلى حوض كبير لأجل الترويق والترديد ، ثم لفصل الطين الراكد باستخدام مرشح دوار مستمر بالتفريغ ، أو استخدام صفيحة وضغط والكيك الناتج نسبته 1-4% من وزن القصب يستخدم كسماد .

ويبخر عصير الراشح المروق والمحتوي على كميات كبيرة من اللايم بحيث تنخفض نسبة الماء من 85% إلى 40% ماء أي يبخر إلى النصف، وذلك

باستخدام منجزات ثلاثية أو رباعية لتثخينه والحصول على عصير أصفر فاتح ،  
ثم يبخر الماء بالفراغ بمنجزات ثلاثية للحصول على محلول فوق الإشباع .

تضاف بلورات السكر (كنواة) وبإضافة عصير ثخين والتبخير المسيطر  
عليه تنمو البلورات إلى الحجم المطلوب ثم تنقل إلى حوض أفقي مبرد لتكملة  
البلورة ثم تفصل البلورات عن المولاس ويكون لونها أسمرًا ونسبة السكر في  
السكر الناتج تكون 97.8% .

### تصفية السكر الخام :

يصفى السكر الخام بخطوات وأول خطوة هي عملية الغسل وفيها تعامل  
البلورات مع شربات ثقيل (60-80° بريكس) لإزالة قلم المولاس الملتصق  
واحتمالية إذابة كمية قليلة جدًا من السكر ، وتتم العملية بالمزج بناقلة لولبية ثقيلة  
مزودة بخلاط قوي على شكل مراوح ثم يزال الشربات الناتج بواسطة الجهاز  
الطارد عن المركز .

ويرش كيك السكر بالماء فتسقط البلورات حيث تذاب في ماء حار . أما  
الشربات فقسم منه يخفف ويعاد استعماله سائلًا للمزج، أما الباقي فيخفف إلى  
54° م بريكس ويرسل إلى غرفة الفحم للترويق ويرشح ثم يضاف إلى محلول  
السكر الناتج من إذابة بلورات السكر من الماء الحار  
وتجرى عليها عملية تصفية ميكانيكية بإضافة تراب دياتومي وتضبط  
الـ pH ويرشح بالكبس .

ثم تجرى عملية تصفية كيميائية: إما بالترويق بالرغوة، أو  
بنظام الكربنة ، وفي عملية الترويق يعامل السائل بإمرار فقاعات  
هواء وتتم العملية عند درجة 65° م . وعند الترويق يسخن حتى

يرتفع الزبد إلى السطح حاملاً فوسفات ثلاثي الكالسيوم الجيلاتينية وحابسة معها الشوائب .

وبعدها يرشح السائل إذا احتاج إلى ذلك ، أو يعرض إلى ترويق ميكانيكي إضافي ويرسل للقصر ، إن هذه العملية تقلل من المواد القاصرة بـ 25-45% . أما في نظام الكربنة فيمرر  $CO_2$  إلى محلول السكر الذائب فيترسب على شكل كربونات الكالسيوم .

وإن الراسب عند إزالته بالترشيح يزيل معه أكثر من 60% من مواد القصر . بعدها يزال اللون بالفحم المنشط ثم يرشح العصير الذي لا يحتوي على مواد غير قابلة للذوبان ، ولكنه يحتوي على شوائب ذاتية يمكن أن تزال بالفحم المنشط ، بعدها يبلور السكر في المحلول ويفصل بجهاز طارد عن المركز .

### أنواع أخرى من السكر :

تضم هذه الأنواع اللاكتوز أو سكر الحليب الذي يصنع من قشطة الحليب والسوريتول الذي يصنع من هدرجة الديكستروز تحت ضغط باستعمال النيكل محفزاً أو بالاختزال بخلية إلكتروليزية .

### النشا والنواتج التي لها علاقة به :

النشا له الصيغة  $(C_6H_{10}O_5)_n$  وسلسلته تتكون من وحدات عددها 400-500 متكون من أجزاء متنوعة، يتكون النشا طبيعياً وهو أحد أكثر المواد الشائعة ، وهو المكون الرئيسي للغذاء ويستخدم في 300 صناعة أو أكثر .

ومنها الورق ، والأنسجة ، واللواصق ، ومبيدات الحشرات ، والأصبغ، والصابون ، والمتفجرات ، ومشتقات الديكسترين ، وبنترول النشا ،

وسكر الذرة ، ولاصقات مقاومة للحرارة ، وأسترات السليلوز ، والأحماض الكربوكسيلية من أكسدة الديكسترين وعوامل التبلل .

### صناعة النشا والديكسترين والديكستروز من الذرة :

تتكون حبة الذرة كيميائياً من 11-20% ماء مع المكونات الآتية: رطوبة 16% ، ونشا 16% ، وبروتين 9% ، والبننوزان 5.3% ، وزيت 3.8% ، وألياف 2% ، وسكر 1.6% ، ورماد 1.3% .

وفي البداية تنظف الذرة من الشوائب بواسطة الغربال وهواء مضغوط والمغناطيس الكهربائي ، بعدها تنقع لمدة يومين في ماء حار دائر 115-125° يحتوي على 0.1-0.3%  $SO_2$  لمنع التخمر خلال فترة النقع، وذلك في أنية قمعية مصنوعة من الخشب وكبيرة ، أو أجهزة فولاذية .

إن هذه العملية تعمل على تليين المادة الغروية وانفتاح القشرة ، وكذلك فإن ماء الفقع به الأملاح والكربوهيدرات القابلة للنوبان والبروتينات . أما البذور المنحلة فإنها تتعرض إلى الاحتكاك بين طبقتين من الفولاذ واحدة متحركة، والأخرى ثابتة فتعمل على نزع القشر من غير أن يكسر اللب .

ويفصل اللب عن القشرة بواسطة الماء، وتسمى هذه العملية بفصل اللب، ثم تجرى على اللب عملية استخلاص بالمذيب ، والباقي من حبة



الذرة هو النشا ومادة غروية وألياف سليلوزية ، ثم يفصل النشا عن المادة الغروية .

### المولاس :

تعني كلمة المولاس بالفرنسية عسل السكر ، أو الدبس ، وهي مشتقة من كلمة لاتينية تعني الناتج النهائي من عصير السكر بعد استخلاص البلورات ، ويكون 4% من البنجر أي 2% من السكر الناتج .

والمولاس مزيج من السكروز والمكونات غير السكرية العضوية وغير العضوية والماء ، ويقدر السكر بحوالي 50% ، أما أسباب تكونه فهي عبارة عن انخفاض سرعة التبلور . وتأثير المكونات غير السكرية على قابلية ذوبان السكروز .

### استخلاص السكر من المولاس :

يتم استخلاص السكر من المولاس : إما بإزالة المواد غير السكرية، ثم استخلاص السكر بالتنافذ، أو تحويل السكر إلى سكرات الكالسيوم، أو السترانتيوم، أو الباريوم غير الذائبة، ثم استعادة السكروز بتفكها، أو استعمال عمليات التحليل الكهربائي، أو التبادل الأيوني والإذابة في الكحول .

### طريقة السكرات :

#### أ- طريقة الكلس ( أو طريقة ستيفن ):

يعامل في هذه الطريقة المولاس مع الماء بحيث يصبح تركيز المولاس 10-12% ثم تضاف إليه النورة  $\text{CaO}$  فتتكون

سكرات الكالسيوم الأحادية الذائبة .

وبالتسخين تتحول إلى سكرات الكالسيوم الثلاثية غير الذائبة التي تفصل بالترشيح ، ثم تكرر العملية من 20-25 مرة وتجمع سكرات الكالسيوم الثلاثية وتجرى عليها عملية الترويق فنحصل على محلول السكروز .

#### ب- طريقة السترونتيوم:

يُعامل محلول المولاس الساخن مع هيدروكسيد السترونتيوم  $\text{Sr(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  فيتكون سكرات السترونتيوم الثنائي على شكل راسب يفصل بالترشيح، ثم يضاف الماء البارد (0-5°م) حتى يتفكك إلى محلول السكر وبلورات هيدروكسيد السترونتيوم، ثم تفصل البلورات بالجهاز الطارد عن المركز ، أما محلول السكر فيرسل إلى وحدة التبخير والطبخ للحصول على السكر .

#### ج - طريقة الباريوم ( طريقة باريت ):

تشبه طريقة السترونتيوم ، وذلك بمعاملة محلول المولاس مع هيدروكسيد الباريوم الأحادي ، وهي تقاوم البرودة والسخونة ، والعصير الناتج أكثر نقاوة من طريقة ستيفن 85% ، بينما طريقة الباريوم 95% .

كما أن هناك طرقاً أخرى، منها: طريقة المبادلات الأيونية ، وكذلك طريقة المذيبات باستخدام حامض الخليك أو الكحولات الأليفاتية ، مثل مثيل وأثيل وبروبيل وبيوتيل الكحول .

كذلك يستفاد من المولاس صناعيًا في إنتاج مواد كيميائية، أو غذائية . علاوة على فصل المكونات غير العضوية لأن المولاس يحوي على 10-12% من الرماد ( $\text{K}_2\text{O}$ %) وهي تقابل 4% من البنجر ، ولذلك يعد مصدرًا لأوكسيد البوتاسيوم 2 طن / 1000 طن بنجر .

\* \* \*

## الأسئلة

- 1- تكلم بالتفصيل عن كل من قصب السكر والبنجر السكري والسكرورز.
- 2- وضح بالتفصيل صناعة السكر من البنجر مبيناً المراحل المختلفة مع الاستعانة بالمعادلات .
- 3- اشرح شرحاً وافياً عملية استخلاص السكر من البنجر بالتنافذ .
- 4- بين بالمعادلات والشرح والتحليل عملية تنقية العصير .
- 5- اشرح شرحاً وافياً عملية صناعة السكر من قصب السكر .
- 6- تكلم عن تصفية السكر الخام. موضحاً الخطوات المختلفة .
- 7- وضح بالتفصيل صناعة النشا والديكسترين والديكستروز من الذرة .
- 8- تكلم عن المولاس وكيفية استخلاص السكر من المولاس .

\* \* \*

## الباب الرابع

### صناعة الألبان

#### مقدمة :

نعلم أن صناعة الألبان من أهم المصادر الغذائية للإنسان فضلاً عن أنه مصدر مهم لسكر اللاكتوز الذي يحتاجه الدماغ ، ثم صناعة سكر الطعام من البنجر وقصب السكر؛ لأنها تشكل 13% من الطاقة التي يحتاجها الإنسان ، يليها الصناعات الغذائية الحديثة .

ومن أهم الصناعات الغذائية صناعة الحليب الصناعي، والبروتينات النسيجية، ومنتجات الألبان الصلبة ، والصناعات التخميرية؛ لأن هذه الصناعات تعتمد على الكائنات الدقيقة ومطبقة بكامل طاقتها من الإنسان، وتعتمد على الأساس من المعرفة نفسها .

#### الحليب :

يعد الحليب من أهم المصادر الغذائية في تغذية الإنسان ، وقد عرفه الإنسان قبل آلاف السنين . كما أن التطور في صناعة الألبان بدأ في نهاية القرن الماضي، وزاد التطور التكنولوجي بعد التقدم الكبير في طرق التبريد ووسائل النقل والتبادل الحراري .

ونجد أن معرفة تركيب الحليب يساعد في صناعة الألبان، وكذلك يجب معرفة التعاريف الاقتصادية للحليب ؛ فالحليب هو: الإفراز اللبني الطازج بعد



عملية الحلب لبقرة واحدة، أو أكثر من الأبقار السليمة ، وباستثناء الحامل في فترة ما بين 5 أيام قبل الولادة و15 يومًا بعد الولادة .

ومن الناحية البايولوجية . فهو الإفراز للغدد اللبنية لإنثى الحيوانات اللبونة لغرض تغذية صغارها ، أما التعريف الفيزيوكيميائي . فالحليب عبارة عن محلول مائي لبعض الأملاح وسكر اللاكتوز، وتنتشر فيه المركبات الدهنية بصورة مستحلبة، كما تنتشر فيه البروتينات وفوسفات الكالسيوم بصورة غروية. إن تباين تركيب الحليب سببه عدة عوامل منها: نوع الحيوان، مثل البقرة يختلف عن الماعز والغنم، والاختلافات بين السلالات المختلفة لنوع واحد من الحيوان مثل: الأبقار، وكذلك الاختلاف ضمن السلالة الواحدة، وفي طبيعة تغذيتها واختلاف فصول السنة، وتأثير درجات الحرارة، وعمر الحيوان، ومرحلة الحلب ( أي كون الحيوان حامل أو بعد الحمل ) .

وكذلك تؤثر الحالات المرضية كالتهاب الضرع ، كل هذه العوامل تؤثر على تركيب الحليب أثناء عملية الحلب؛ أما العوامل التي تؤثر عليه بعد الحلب فهي تأثير طريقة وفترات الحلب ، وكذلك اختلافات في طرق التحليل المختلفة نفسها .

### الحليب ومكوناته :

يتميز الحليب بلون أبيض مزرق إلى أصفر ذهبي ويعتبر الحليب شفاف عند وجوده على شكل طبقات رقيقة ومعتم عند وجوده على شكل طبقات سميكة وسبب اللون الأبيض انعكاس الضوء بواسطة بروتينات الكازابين في الدهن أما الأصفر فوجود صبغة الرايبوفيلافين . وطعم الحليب مميز، ويكون قليل الحلاوة وله رائحة خاصة مميزة وتفاعله يكون حامضيًا عندما يكون طازجًا .

وتقدر على شكل حامض لاكتيك ،  $0.14-0.18\%$  و  $pH = 6.3-6.7$  وهذه الحموضة سببها البروتينات، وأملاح الفوسفور الحامضية، وأملاح السترات و  $CO_2$  ، وتسمى الحموضة الطبيعية . والوزن النوعي 1.032 عند  $15.5^{\circ}C$  ومعدل درجة الانجماد  $-0.539^{\circ}C$  ودرجة الغليان  $100.17^{\circ}C$  .

ونجد أن معرفة تركيب الحليب مهم جدًا بالنسبة للعاملين في هذه الصناعة حتى يتمكنوا من السيطرة على خطوات الإنتاج وتحسين نوعيته . وتبين أن أهم مكونات الحليب هي : الماء والدهون وكذلك مواد مستحلبة . والبروتينات وهي مجموعة من الكازابين ومجموعة بروتينات الشرش **Whey** حيث توجد مواد غروية . وسكر الحليب ( اللاكتوز ) ( جلوكوز وجالاكتوز ) والأملاح غير العضوية مثل: السترات ، والفيتامينات، والأنزيمات، والأصبغ، والغازات، ومركبات أخرى .

## 1- الدهون :

إن دهن الحليب يحتوي على عدد كبير من الأحماض الدهنية متحدة مع الجليسرول ويحتوي على الكوليسترول والكاروتين والفوسفوليبيدات وآثار من الأحماض الدهنية الحرة وفيتامين **A** و **D** و **E** و **K** .

إن معظم دهن الحليب هو نوع من الجليسيريدات الثلاثية أما الأحادية والثنائية فتوجد بنسبة أقل من  $0.5\%$  ويوجد دهن الحليب على شكل حبيبات صغيرة وفي الحالة السائلة غالبًا .

وعلى الرغم من وجود حبيبات الدهن مستقلة عن بعضها البعض، إلا إنها تحت ظروف معينة تميل إلى التجمع . إن هذه الظاهرة ضرورية لتكوين

القشطة، لأن الحبيبات المتجمعة تطفو فوق سطح الحليب ، أما سبب تلاحقها فهو مادة الأكلويتين أحد بروتينات الشرش .

## 2- بروتينات الحليب :

إن جزيئة البروتينات هي مركبات عضوية كبيرة علاوة على تكونها من C و H و O و N فالكثير منها يحتوي على S وقليل منها يحتوي على P ونادرًا ما تحتوي على Fe و Cu و Zn . ومن هذه البروتينات :

### أ- بروتينات الكازابين ( الكازابينات ):

وهي مجموعة البروتينات الفوسفورية التي تترسب عند pH 4.6-4.7 ودرجة 20°م ونسبتها 80% من مجموع بروتين الحليب، ويمكن فصلها بجهاز الطرد المركزي وتحتوي كميات ملحوظة من Ca و P وقليل من Mg والسترات .

وكذلك يمكن فصلها عند pH 4.6-4.7 للأغراض المعملية والصناعية لتحضير الكازابينات الكلية - وهي الطريقة المتبعة لصناعة جبن الكونج أي الجبن الخالي من الدهن وفي هذه الطريقة ونتيجة ارتفاع حموضة الوسط يذوب Ca و P المرتبط بالكازابينات تدريجيًا وعند نقطة تعادله الكهربائية تكون الكائنات حرة .

إن الراسب المتكون هو الكازابينات الخام والذي يمكن أن ينقى بغسله وإعادة ذوبانه أو انتشاره وترسيبه مرة أخرى . كذلك يمكن تحضير الكازابينات بواسطة التخثر الأنزيمي ( الرنين ) حيث يتحول الكازابين إلى الباراكازابين ثم يترسب بوجود أيونات الكالسيوم وتستعمل هذه الطريقة لصناعة الأجبان .

يُذوب أحد مكونات الكازايبينات في محلول 50% كحول ويحتوي على كمية قليلة من الفوسفور سمي جاما كازايبين . ومن استخدام الألكتروليتات تبيين أن الكازايبين يتكون من ألفا وبيتا وجاما كازايبين .

كذلك تبيين أن قسماً من الكازايبين غير حساس لـ  $Ca^{++}$  سمي بالكابا كازايبين (K-Casein) وله دور أساسي في إثبات حبيبات الكازايبين أما المتبقي فهو ألفا كازايبين أي الحساس لأيونات الكالسيوم .

إن بروتين الكازايبين يوجد في المحلول بحالة توازن وعلى شكل معقد بين أنواع الألفا كازايبين الحساس لأيونات الكالسيوم والبيتا والجاما كازايبين ، حيث يوجد ألفا كازايبين الحساس  $Ca^{++}$  مع الكابا كازايبين بنسبة وزنية 1:4 .

وهذا هو سبب استقرار حبيبات الكازايبين وجزئياً إلى السترات وفوسفات الكالسيوم الغروية، ولذلك فإن تحطيم الكابا كازايبين يؤدي إلى ترسيب ليس فقط ألفا كازايبين، ولكن جميع الكازايبينات بصورة عامة .

إن الكازايبينات عبارة عن ميسلات لهذه البروتينات الفوسفورية غير المتجانسة ، وهي تتخثر بإنزيم الرنين والإنزيمات المشابهة وبوساطة الأحماض وتشكل المادة الرئيسية في صناعة الجبن . والكازايبينات لا تتأثر بالحرارة المستعملة في البسترة ولكن بالأملاح .

إن ألفا كازايبين الحساس لـ  $Ca^{++}$  هو البروتين الرئيسي (45-55%) يحتوي على تسع ذرات من الفوسفور وهو بروتين غير متجانس وهو حساس لـ  $Ca^{++}$  ولا يتأثر بإنزيم الرنين ويعمل الكابا كازايبين على حفظ هذا البروتين ضد الترسيب ، بينما البيتا كازايبين نسبته 25-35% ويحتوي على (4-5) P وهو أيضاً حساس لـ  $Ca^{++}$  عند درجة حرارة أعلى من 15°م .

والكابا كازابين يشكل 8-15% وهو البروتين الوحيد الذي يحتوي على مجاميع الداي سلفايد ويتأثر بأنزيم الرنين .

#### ب- بروتينات الشرش :

وهي مجموعة البروتينات التي تبقى في الشرش بعد فصل الكازابين بالأحماض أو الأنزيمات وتمثل 20% من مجموع بروتينات الحليب . وهي لا تتأثر بالأحماض أو الأنزيمات، ولكن تتأثر بالحرارة ولها علاقة بتكوين القشطة لذا فإن أية معاملة حرارية تؤدي إلى تغير صفات هذه البروتينات سوف تؤدي إلى نتائج عكسية فيما يخص تكوين القشطة .

ومن بروتينات الشرش البيتا لاكتو جلوبيولين وهو المسئول عن تطور الطعم المطبوخ في الحليب المعامل حرارياً، وهناك خمسة أنواع منه هي: ( A و B و C و D و Dr ) ( Dr يحتوي كاربوهيدرات ) والبقية تختلف في الأحماض الأمينية .

وإن هذه البروتينات تتفاعل مع بروتينات الكازابين فتسبب تأخير في عملية التخثر بواسطة أنزيم الرنين . والألف الأكتوالبومين ويوجد على شكل A و B وهو المسئول عن عملية تكوين اللاكتوز فهو يوجد في كل حليب يحتوي على كمية ملحوظة من هذا السكر .

ونجد أن بروتين والبومين البلازما يشكل 1% وتكون نسبته أعلى عند الولادة وهو مشابه لبروتين مصل الدم ، وبروتينات المناعة : وهي تحمي الوليد من الأحياء المجهرية المرضية عند الولادة ويحتوي اللبأ من 50-70% من بروتينات لبأ الأبقار وهي أربعة أنواع .



وهذه الأنواع هي بروتينات البروتياز - بيتون تشكل 2-6% وهي بروتينات مركبة لا تتأثر بالحرارة بل بالأحماض، أي تذوب وعند رفع درجة حموضة الحليب تتوزع بين الكازينات والشرش وهي أربعة مكونات .

### 3- المركبات النتروجينية غير البروتينية :

وتشمل الفيتامينات والأحماض الأمينية الحرة وحامض اليوريك والكاراتين والكارياتين واليوريا والأمونيا ، وتشكل كلها 5% وتزداد نسبتها في الحالة المرضية ونتيجة تأثير الأنزيمات المحللة للبروتينات وليس لمعاملات البسترة تأثير عليها .

### 4- سكر الحليب ( اللاكتوز ) :

هو سكر ثنائي يتكون من جلوكوز وجالاكتوز، والحليب المصدر الطبيعي لهذا السكر ونسبته 4.5-5% ويؤثر بشكل كبير في ثبات الضغط الأسموزي ودرجتي الغليان والتجمد ويصنع من الشرش وهذا التصنيع يسهم في التخلص من الكثير من المشكلات الصحية والتلوث .

### صناعة سكر الحليب :

يفضل الشرش الناتج عن التخميض بحامض  $HCl$  عن  $H_2SO_4$  لاحتوائه على مركبات الكبريت مسبباً تعكير لمحلول اللاكتوز . وأما بالنسبة لشرش صناعة الألبان فبالرغم من تحلل الكثير من هذا السكر بفعل عمليات التخمير ، يعتبر شرش الأجبان الخطوة المصدر الرئيسي لصناعة هذا السكر .

يسخن الشرش لدرجة الغليان ثم يضاف إليه ماء الكلس للوصول إلى  $pH = 6.2$  ، وذلك لفصل معظم البروتينات والمواد المعدنية ، ثم يؤخذ السائل الرائق ويبخر لرفع نسبة المواد الصلبة إلى 30% ويرشح ثم تعاد عملية التبخير

إلى أن تصل نسبة 50% ويبلور في أواني ثم يبرد تدريجياً مع المزج المستمر للإسراع في عملية التبلور .

ثم يفصل بجهاز طارد عن المركز ثم يذاب في ماء حار ويقصر بواسطة الفحم الحيواني ويرشح ، ثم يعامل مع محلول حامضي لإزالة ما بقي من المواد البروتينية والأملاح غير الذائبة ثم تجرى عملية البلورة والتجفيف.

واللاكتوز الناتج من هذه الطريقة هو ألفا - لاکتوز المائي الذي يذوب في الماء بنسبة 17.8% عند 25°م ، أما حلاوته فهي نصف حلاوة سكر السكروز ، أما البيتا فيحصل عليه عند عملية البلورة عند درجة أعلى من 93.5°م والتجفيف بالمجففات الأسطوانية ويكون حلاوته أعلى ويستعمل في صناعة أغذية الأطفال .

كما أن قلة ذوبان سكر الحليب في الماء وتكوينه محاليل مشبعة مهم في صناعة الألبان فعند تبريد هذه المحاليل أو عند إضافة السكروز، كما هو الحال في صناعة المتلجات اللبنية، والحليب المكثف المحلى قد ينفصل الحليب على شكل بلورات .

والحليب أكثر مقاومة للأحماض من بقية السكريات، ولكنه يتخمر بالبكتريا وهي مهمة في صناعة الزبد والجبن والمنتجات اللبنية والمتخمرة الأخرى .

ويساعد اللاكتوز في إعطاء الحليب طعمه المميز ويشكل 30% من طاقة الحليب التي تعطى للجسم ، ويعد المصدر الوحيد لسكر اللاكتوز الذي يدخل في تركيب المخ والأنسجة العصبية ، ويحتوي الحليب أيضاً على آثار من سكر الجلوكوز والجالاكتوز وعلى كميات قليلة من مركبات اللاكتوز مع مواد أخرى .

## 5- أملاح الحليب :

هي أملاح  $K, Ca, P, Na, Mg, S$  فضلاً عن كميات بسيطة من  $Fe, Cu, Mn, Zn, I$  وآثار من  $Pb, Ag, Co, Br, Al$  وغيرها، أما أهمية الأملاح من الناحية التصنيعية فلبعضها أهمية مثل  $Ca^{++}$  له دور في عملية تخثر الحليب بواسطة أنزيم الرنين وكذلك معادن  $Fe$  و  $Cu$  ، قد تكون مسئولة عن بعض التغيرات غير المرغوبة في منتجات الحليب .

وكذلك لزيادة كمية المواد المسئولة عن الطعم ، يضاف قليل من الأملاح إلى الحليب، وإن سبب الطعم للألبان المتخمرة هو نوع من المجهريات التي تؤثر على سترات الحليب ، وهناك بعض المعلومات عن الحليب ، وهي إن غلي الحليب يعمل على عدم استفادة جسم الإنسان منه بحدود 10-20% .

وإن دعم الحليب بإضافة أملاح الحديد تسبب نكهة غير مقبولة في الحليب ومنتجاته عن طريق أكسدة الدهون . ويعد النحاس من المعادن التي تسبب في إحداث النكهة المؤكسدة في الحليب ومنتجاته . كذلك يتسبب في فقدان كمية كبيرة من حامض الأسكوربيك ( فيتامين سي ) في الحليب .

ويحتوي اللبأ على اليود أكثر من الحليب الاعتيادي بثلاث مرات، كما أن كمية الكلور تكون عالية إلى 0.3% ( الاعتيادي 0.14% ) في حالة الأبقار المصابة بالتهاب الضرع ويكون طعم الحليب مالحاً .

كما أن توازن أملاح الحليب ضروري في صناعة الألبان - صناعة الحليب المكثف مثلاً ، لذلك يضاف قليل من أملاح الأسترات والفوسفات لمساعد على ثبات المنتج أي يساعد البروتينات تجاه الحرارة والأحماض .

#### 6- الفيتامينات :

إن درجة تأثر الفيتامينات عند تصنيع الحليب تختلف من فيتامين إلى آخر، وفيما يأتي بعض الأمثلة على ذلك التأثير فمثلاً يتأثر فيتامين B بالبسترة حيث يفقد من 10-20% وأكثر في صناعة الحليب المكثف والمجفف . ويتأثر فيتامين B<sub>2</sub> أو G ( الرايبوفيلافين ) عند تعرض الحليب لضوء الشمس وقد يصل مقدار الفقدان إلى 80% .

ويفقد بعض فيتامين B<sub>6</sub> عند تعرض الحليب للمعاملات الحرارية . بينما يفقد فيتامين C معظمه عند البسترة والتعقيم كما أن كمية هذا الفيتامين الطبيعي يميل إلى تشجيع النكهة، أما إضافته إلى الحليب فتجعل منه عاملاً مضاداً للأكسدة .

إن فيتامين D يتأثر بعضه عند تعرض الحليب لفترة طويلة إلى الضوء، وعند دعم الحليب بهذا الفيتامين أي تعريضه إلى الأشعة فوق البنفسجية ، إلا أن الطريقة الأخيرة تؤدي إلى إظهار، كما أن فيتامين E يتأكسد في الهواء بسرعة عند وجود دهون مترنخة أو أملاح الحديد .

ويتلف عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية ، ووجود كميات كبيرة دليل على غش الزبد بزيوت نباتية . أما فيتامين K فيتلف عند تعرضه لأشعة الشمس والقواعد .

#### 7- الأنزيمات :

الأنزيمات لها أهمية من الناحية الغذائية إلا أنها مهمة من الناحية التصنيعية كذلك لما يمكن أن تحدثه من تغيرات . فمثلاً يفقد الأميليز فعاليته عند

تسخين الحليب لدرجة 45-60°م لمدة نصف ساعة ، ويوجد في اللبأ بنسبة عالية [ فائدته يحلل النشا إلى سكر الجلوكوز ] .

بينما يفقد الكاتليز فعاليته بسرعة عند تعرضه إلى درجة أعلى من 45°م ويصبح غير فعال عند 65°م . ويحتوي اللبأ على نسبة عالية منه وكذلك الحليب المأخوذ من الحيوانات المصابة بأمراض الضرع .

إن فائدة هذا الأنزيم للتخلص من  $H_2O_2$  المضاف إلى الحليب لتحويله إلى  $O_2$  وماء، كما أن أنزيم اللايباز الذي يحلل المواد الدهنية ، وقد يسبب في إحداث الطعم المترنخ في الحليب ومنتجاته . إن هذا الأنزيم تقل فعاليته عند 5°م ويتلف عند البسترة ، وكذلك تعززه أنواع من البكتريا والعفن فيسبب ترنخ الألبان ومنتجاته .

ولكن البسترة تقضي على مثل هذه الأحياء وتوقف من مشاكل الترنخ . إلا أن هذه العملية لا تكون ذات قيمة إذا كان الترنخ قد حدث فعلاً . والفوسفاتيز يحلل رابطة الأستر في بعض مركبات الفوسفور العضوية . ويتوقف عمل الفوسفاتيز القاعدي عند البسترة، أما الحامضي فبالسخن عند 88°م لمدة نصف ساعة .

ويستفاد من هذه الظاهرة لمعرفة كفاءة عملية البسترة أو يستعيد هذا الأنزيم القاعدي نشاطه بعد 72 ساعة، ولاسيما الحليب المبستر بالطريقة السريعة HTST . وهناك أنزيمات أخرى .

### الخواص الفيزيوكيميائية للحليب :

إن الطبيعة الفيزيائية معقدة جداً للحليب فيعد الماء من الناحية الكيميائية بالطور المستمر، لأنه المكون الرئيسي ويحتوي على ثلاث حالات عامة حقيقية وغروية ومستحلب ، أما لونه فيتراوح ما بين الأبيض المزرق والأصفر الذهبي.



والحليب قليل الدهن يميل إلى الزرقة فاللون الأبيض نتيجة انعكاس الضوء على المواد العالقة، والأصفر بسبب وجود صبغة الكاروتين وله علاقة مع علف الحيوان فلون الزبد في الربيع والصيف لوجود علف أخضر يكون أصفرًا ذهبيًا غامقًا وفي الشتاء أصفرًا فاتحًا أو أبيضًا .

أما من ناحية طعم الحليب فقليل الحلاوة وله رائحة مميزة ولكن يفقد طعمه بعد ساعات من عملية الحلب وإن النكهة سببها اللاكتوز، أما الكلوريد فيعطي نتيجة سلبية للنكهة وطعم مالح وإن هذه الظاهرة طبيعية عند نهاية الحلب أو عند مرض الضرع .

كذلك يتأثر طعم الحليب عند أكل الثوم والبصل قبل فترة الحلب بقليل، وكذلك عند رش المبيدات ووجود روائح كريهة في الإسطبل ، وعند تخزينه في المجمدة التي تحتوي على فاكهة .

ونلك يعود إلي أنه يمتص هذه الروائح كذلك فإن وجود معادن الحديد والنحاس تؤدي إلى تكوين نكهة معدنية أو تسبب تغيرات في نكهته، أما الطعم المؤكسد فننتيجة لحدوث تفاعلات كيميائية في الحليب ، أما الوزن النوعي للحليب فيتراوح بين 1.03-1.034 عند 15°م .

### التفاعل الكيميائي للحليب :

نجد أن تفاعل الحليب الطازج حامضي  $pH = 6.4-6.8$  واللبن أكثر حامضية وتقدر حموضة الحليب بحامض اللاكتيك بعد معايرته مع محلول قاعدي مخفف باستعمال الفينولفثالين دليلاً ، ووجد أنها تساوي 0.16% معدل عام ، ولا يرجع سبب التفاعل الحامضي إلى وجود حامض اللاكتيك فقط، ولكن

أيضًا إلى وجود البروتينات وأملاح الفوسفور الحامضية وأملاح السترات وCO<sub>2</sub> المذاب .

### درجة تجمد الحليب ودرجة غليانه والحرارة النوعية :

إن درجة الحرارة النوعية للحليب هي 0.938 عند 15°م . ودرجة تجمد الحليب -55°م وصفات الحليب المجمد أن طعمه بعد ذوبانه يشبه طعم الحليب المخفف بالماء، ولكن يمكن التخلص من هذه الظاهرة بإذابته بطريقة مناسبة ، أما درجة غليانه فهي 100.87°م ولها أهمية في صناعة الحليب والمكثف والمبخر .

### لزوجة الحليب :

تتراوح قيمتها بحدود 1.5-1.7 وهي أكثر من الماء نتيجة وجود المواد الصلبة ، وإن لزوجة جميع السوائل تظهر لزوجة أعلى عند انخفاض درجة الحرارة إلا أن الحليب يختلف عن بقية السوائل كون لزوجته تقل تحت ظروف معينة وتزداد تحت ظروف أخرى . فلزوجته تقل بالبسترة .

ولكن تزداد عند درجات حرارة أعلى لتلك التي تكون تحت ضغط . وتقل عند مزجه وخلطه لمدة طويلة ، كذلك فإن التعتيق والتحميض يزيد من اللزوجة بسبب الكازاين الذي يتميز بحبه للماء ( هيدروفيلية ) وليس للزوجة الحليب تأثير على تسويقه ، أما القشطة فلزوجتها مهمة، حيث تقدر من المستهلك بلزوجتها العالية حتى لو احتوى على النسبة نفسها من الدهن ؛ فالمستهلك يفضل ذات اللزوجة العالية .

إن القشطة المبسترة تبدو غير غنية، وتكون ذات لزوجة منخفضة ما لم تعتيق لفترة 12-38 ساعة تحت التبريد؛ لأن التعتيق يساعد على زيادة لزوجة القشطة ويجعلها سهلة الخفق ، أما حليب الخض الناتج

من عملية تصنيع قشطة مبسترة فيكون أقل لزوجة من نظيره الناتج من تصنيع قشطة خام .

وفي صناعة المنتجات يعق المزيج لمدة 12-48 ساعة على درجة منخفضة لزيادة لزوجته والحصول على منتج ذي قوام ناعم . وفي صناعة الحليب المكثف والمبخر يجب أن يكون في لزوجة معينة للتخلص من كميات كبيرة من الماء .

### معامل الانكسار :

وهو أعلى من الماء بقليل ويساوي 1.344-1.348 . إلا أنه يساوي معامل انكسار الماء والمواد الصلبة الموجودة فيه ( أي الحليب ) ولكن القيمة غير دقيقة بسبب وجود الدهن، ولهذا يزال للحصول على دقة كبيرة .

### الأحياء المجهرية في الحليب وتطهيره :

يحتوي الحليب على أحياء مجهرية غير مرضية تدخل عن طريق فتحات الضرع وتنتقل إليه عند الحلب ، إلا أن مصادر التلوث التي تصاحب عملية الحلب والتصنيع تساعد في نقل أحياء مجهرية مرضية، ولاسيما إذا كانت البقرة أو الحيوان مريضاً .

وبما أن الحليب مادة غذائية فيحتمل أن يكون وسطاً جيداً لنمو المجهرات؛ ولذلك فإن الحليب يحتوي على مواد مانعة لنمو البكتيريا، مثل: اللاكتين، ويوجد نوعان منه يسمى لاكتين (1) و (2) الأول في الحليب واللبأ، والثاني في الحليب الطبيعي .

ويبقى تأثيره لمدة 24 ساعة في الحليب حديث الحلب وتحت ظروف التبريد . تشتمل الأحياء الموجودة في الحليب الطبيعي على بكتيريا وخمائر وأعفان وفيروسات والركتسات وفيما يلي بعض الأمثلة :

## 1- المجموعات البايوكيميائية :

مثل البكتريا المنتجة للحامض مثل: حامض اللاكتيك، وحامض الستريك التي تنتجها عند درجة 20-30°م أو أقل أو أكثر إلى 40°م ، ومنها مرضية وغير مرضية .

## 2- الأحياء المنتجة للغازات :

نتيجة تخمر الكربوهيدرات مثل السكر إلى حامض وينتج  $CO_2$  و  $H_2$  ، وليست هذه الغازات مقصورة على الحليب، ولكن أيضاً على منتجاته من قشدة وألبان وغيرها .

## 3- الحليب اللزج ( الخيطي ) :

تسبب بعض أنواع البكتريا الملوثة للحليب عند درجة 10-15°م وانخفاض معدل الحموضة إلى إنتاج مواد مخاطية تجعل الحليب لزج القوام .

## 4- التحلل البروتيني والتجبن الحلو :

يحدث هذا التجبن عادة في الحليب المبستر والحليب المعقم وأحياناً في الحليب الخام المحفوظ في درجات حرارة منخفضة نتيجة لتلوث الأواني أو الأجهزة غير المعقمة ، وهذه الأنزيمات مشابهة لأنزيم الرنين الذي ينتج من أحياء مجهرية .

## 5- تحلل الدهون :

تتحلل الدهون في الحليب نتيجة تلوثه بأحياء مجهرية، حيث تفرز أنزيمات تحولها إلى الكليسرول وأحماض عضوية حرة . إن وجود الأحماض العضوية قصيرة السلسلة تسبب في إنتاج نكهة حادة غير مرغوبة وطعم متزنخ .

## الصفات الميكروبيولوجية لمنتجات الحليب :

إن منتجات الحليب المكثفة والمجففة ، والحليب المبخر والمكثف المحلي، والشرش المبخر، وحليب الخض المكثف، والحليب المحمض المبخر، والحليب المجفف، والحليب المجمد ؛ تكون جيدة إذا كان الخام جيدًا ولا تسمح بالنمو البكتيري لأنها مركزة وكذلك الحال بالمجففة، ولكن إذا وصلت الرطوبة إلى 8 % فيحصل تعفن لها عند تعرضها للهواء .

### 1- المثلجات اللبنية :

عند حفظ المنتجات اللبنية مدة طويلة تصاب بالبكتيريا المنتجة للحامض .

### 2- الزبد :

العيوب الناتجة فيه نتيجة استعمال قشطة متروكة مدة طويلة، ولاسيما البكتيريا المنتجة للحامض والغازات ثم بعض الأعفان .

### 3- الجبن :

وينتج التلف نتيجة لتلوث الحليب فيؤثر على قوام الجبن ونكهته، أو التلوث في أثناء التصنيع فيكون مر الطعم، أو في المنتج النهائي فهناك احتمال لنمو العفن في الجبن الطري عند تلوثه واحتمال نمو الخمائر .

## إعداد الحليب من المزرعة واستلام الحليب :

يحصل على الحليب من الأبقار: إما بالحلب اليدوي، أو الميكانيكي، ثم ينقل إما مباشرة بواسطة المنتج، أو بواسطة مجمعات إلى معامل الألبان، ثم تجرى عملية السيطرة النوعية على الحليب المستلم وتشمل :



أولاً : فحص تقدير الحموضة، وذلك بالمعايرة مقابل قاعدة باستعمال الفينولفثالين دليلاً .

ثانياً : فحص الكحول وهي طريقة سريعة للغاية، وذلك بمزج حجمين متساويين من الحليب و68% كحول أثيل، فإذا تخثر أو تكتل الحليب فإنه يعد غير جيد ويرفض، ولكن هذا الفحص لا يعطي نتيجة صحيحة في حالة احتواء الحليب على البيومين، أو على نسبة عالية من الأملاح .

ثالثاً : فحص التخثر عند الغليان .

رابعاً : فحص غش الحليب بالماء وهو فحص الكثافة ، وهناك فحوصات حول تلوثه بالبكتريا ، وكذلك فحوصات حول نسبة الدهن والمواد غير الدهنية .

وبصورة عامة تُجرى على الحليب الفحوصات الآتية، وجميعها عن التلوث بالميكروبات وهي :

- أ- فحص اختزال صيغة المثلين الزرقاء .
- ب- فحص عدد الأحياء المجهرية الكلية بواسطة الأطياف .
- ج - فحص عدد السبورات في الحليب .

إعداد الحليب ومعاملته في معمل الألبان :

بعد استلام الحليب في معامل الألبان يخزن في خزانات الحليب الخام الكبيرة المزودة بأجهزة خاصة لتحريكه حتى لا يطفو الدهن ، بعدها يرشح لفصل الشوائب ثم يصفى بواسطة مصفيات ميكانيكية مثل الأجهزة الطاردة .

وتستخدم الأجهزة الطاردة لفصل الشوائب التي كثافتها أعلى من الحليب مثل الشعر وخلايا الدم البيضاء والأتربة والتجمعات البكتيرية ، بعدها يتم تعديل نسب الدهن إلى 3% حسب المواصفات العالمية .

### فراز القشطة :

وذلك باستعمال أجهزة ميكانيكية مخروطية الشكل تحتوي على أقماع تفصل بعضها عن بعض بمسافة 0.5 ملم، وتدور بسرعة كبيرة جدًا حيث ينفصل الدهن إلى الداخل، وحليب الفرز إلى الخارج .

### الحليب المجنس :

هو الحليب المعامل بحيث يتسبب في تكسير الحبيبات الدهنية ، ويتم ذلك بإمرار الحليب تحت ضغط عال خلال فتحات ضيقة جدًا ثم يبستر الحليب حتى لا يتزنخ .

### المعاملات الحرارية للحليب :

#### 1- البسترة :

هي عملية رفع درجة الحرارة إلى 62.8°م ولفترة زمنية محددة 30 دقيقة حسب المواصفات العالمية، وهناك عدة طرائق للبسترة مثل: طريقة الأحواض، والطريقة المستمرة، والطريقة السريعة .

#### 2- تعقيم الحليب :

وذلك باستعمال طريقة أبراج التعقيم وهي طريقة مستمرة، حيث ترتفع درجة الحرارة في البرج الأول إلى 90°م والثاني 70°م والرابع 50°م، وفترة التعقيم تستمر لساعة واحدة .

إن طعم الحليب المعقم يتصف بالطعم المطبوخ نتيجة لتغير بروتينات الشرش وتحرير مجاميع السلفهايدريل علاوة على تكون مركبات كبريتية طيارة، وكذلك تتأثر مكونات الحليب فلا يمكن صناعة الجبن منه؛ لأن 50% من بروتينات الشرش تتأثر .

وتتأثر جميع الأنزيمات، و 50% من فيتامين C ، و 90% من فيتامين B<sub>12</sub> و 35% من فيتامين B<sub>1</sub> ؛ أما سكر الحليب فيتحول إلى جلوكوز وكالكتوز، أما فوسفات الكالسيوم فيقل ذوبانها ، ويفقد الحليب جميع CO<sub>2</sub> بالتعقيم .

### فرز الحليب وصناعة القشطة :

هو عملية تعريض الحليب لقوة الجاذبية أو الطرد المركزي لغرض الحصول على القشطة أو الكريم وهي غنية بالمادة الدهنية، والآخر وهو حليب الفرز وهو غني بالمادة البروتينية والسكرية . إن نسبة الدهن في الكريم الناتج تتراوح بين 18-30% دهن .

أما الكريم الذي يستعمل للخفق أو تغطية سطح الكيك فنسبة الدهن فيه 30-36% والذي يستعمل في صناعة الزبد 40-45% وهكذا .

### طرق فرز الحليب :

1- الفرز بالجاذبية الأرضية: إما باستخدام أواني ضحلة، أو عميقة، أو تستخدم طريقة التخفيف بالماء .

2- باستعمال الفرازات الميكانيكية: حيث يوضع الحليب المراد فرزه في حوض التجهيز عند درجة 32-38°م ثم يشغل الجهاز فتتجمع القشطة بجانب المخروط، وهو أول خطوة وأهمها في الفصل المركزي للدهن،

وباستمرار العملية يتم الحصول على طبقتين: طبقة حليب الفرز وطبقة القشطة من غير أن يختلطا فيه .

### صناعة الزبد :

ويعرف الزبد بأنه منتج غذائي يصنع من الحليب أو القشطة أو الاثنين معًا ويحتوي على 80% دهن، وقد يضاف إليه الألوان والملح . ويصنع الزبد إما بالطريقة القديمة باستعمال الظرف أو الشجوة ، الذي يشبه القربة حيث يوضع فيها الحليب مع الماء البارد ويرج إلى الأمام والخلف حتى يتكون الزبد واللبن الخض أو الشنينة . أو تستعمل الطريقة الحديثة باستعمال الخضاض .

وهناك أنواع مختلفة في الشكل والحجم وطريقة الرج وأولى الخطوات هي البسترة للقشطة ثم الإنضاج بإضافة البادئ ، وذلك بإضافة الخميرة وتحت سيطرة تامة للحصول على حموضة 0.2% حامض لاكتيك ثم إضافة المادة الملونة (صبغة الأناتو المستخلصة من بذور شجرة الاناتو)، ويغسل الزبد بالماء إذا أريد تحسين قابلية حفظه، ويملح إذا أريد الحصول على زبد مالح .

### صناعة المثلجات اللبنية :

وهي منتجات ألبان وأغذية يدخل في تصنيعها الحليب ومنتجاته فضلاً عن السكر ومواد مثبتة ومستحلبة ومواد منكهة مثل الآيس كريم والتي تحتوي على 8% من دهن الحليب ، والحليب المجمد حيث يحتوي على 4% دهن، ويحتوي على نسبة أقل من الدهن ولكنه محمض وهناك منتجات لبنية خاصة .

### صناعة الجبن :

الجبن هو المنتج المصنع من خثرة مستحصلة من الحليب الكامل، أو حليب الفرز، أو المفروز جزئياً، أو من حليب الزبد، أو من مزج بعض، أو كل

المنتجات المذكورة التي تنتج من استعمال أنزيم الرنين، أو حامض اللاكتيك، أو الخليك، ويمكن معاملة الخثرة حراريًا، أو مايكروبايولوجيًا، أو كيميائيًا للحصول على منتج بمواصفات ثابتة ومحددة .

ويتركب الجبن من المواد البروتينية والمواد الدهنية والماء . والأجبان الناتجة إما تكون طرية، أو نصف جافة، أو جافة حسب نسبة الرطوبة، أو حسب طريقة الإنضاج ، مثل الأجبان قوية النكهة أو الخفيفة، وتقسم إلى الأجبان المنضجة بالعفن أو البكتريا . ويمكن حدوث التجبن بالمنفحة أو أنزيم الرنين .

ومن المعروف أن كازابين اللبن يتكون من ثلاثة أجزاء ألفا وبيتا وجاما، وحيث إن ألفا كازابين يتكون من جزأين أيضًا؛ هما ألفا الحساس لأيونات الكالسيوم، والكابا الحساس جدًا لوجود أنزيم الرنين الذي يعمل على تكسير بعض الروابط فيه، بحيث يفقده قدرته على حماية أجزاء الكازابين الأخرى الموجودة داخل خلية الكازابين نفسها، مما يجعلها في متناول أيونات الكالسيوم الحرة الموجودة في اللبن التي تسبب تجبنها .

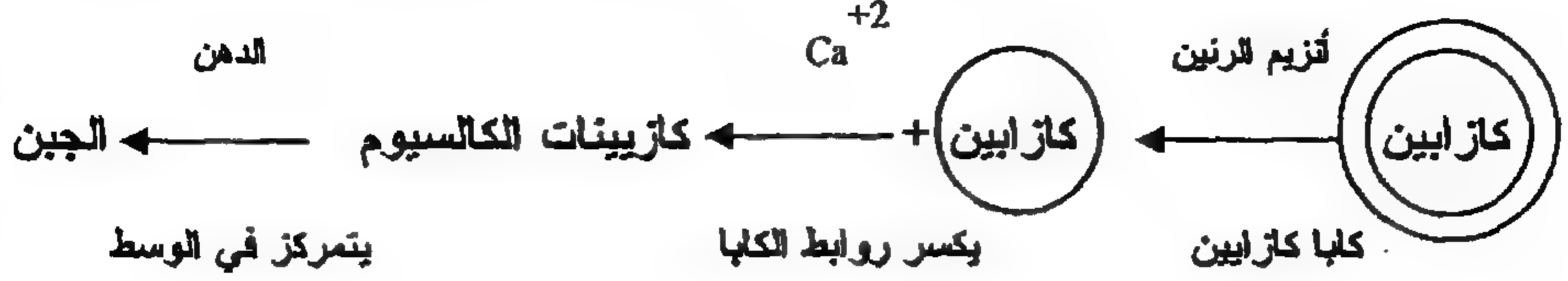
أي تتجمع الحبيبات الكازانية ( المايسلات ) بنظام معين وفي خطوات متتابعة لتكوين الخثرة، ومن خلال الارتباط الذي يحصل نتيجة وجود أيونات الكالسيوم في الوسط، ويزداد سمك هذه التجمعات في المركز بحيث تتجمع الحبيبات الدهنية في وسطها لينتج عنها التجبن الكلي، ولذا فإن عدم وجود الكالسيوم، أو انخفاض تركيزه لأي سبب كان يبطئ، أو يوقف عملية التجبن في الحليب .

إن تأثير الرنين على عملية تخثر الحليب تمر بمرحلتين وهما :



أنزيم للرنين

كابا كازابين ← باراكازابين + glycomactropeptide (ذائب)  
(يمنع ترسب الكازابينات) (غير ذائب)



وعلى ذلك وتحت الظروف هذه يبدأ ظهور زيادة في لزوجة الحليب وتقل في قوامه تنتهي بتجبنه، وعمومًا فالعوامل المؤثرة على عملية التجبن هي :

أولاً : الخواص الطبيعية والكيميائية للحليب حيث إن ارتفاع نسب الكازابين تسرع من تجبنه، وزيادة أيونات الكالسيوم تساعد على سرعة تجبنه أيضاً .

ثانياً : ظروف التجبن التي تحدد بنسبة الحموضة في الحليب ودرجة حرارته .

ثالثاً : المعاملة الحرارية المسبقة للحليب ، فالتسخين الشديد له يؤخر أو يمنع عملية التجبن حسب شدة المعاملة الحرارية .

والأجبان المنتجة بالحامض وبالنسبة لميكانيكية التجبن الحامضي فأساسها معادلة الشحنات السالبة الموجودة على سطح الكازابين بواسطة الحامض، وحتى إذا وصلت إلى نقطة تعادل الشحنات الكهربائية للكازابين وهي عند  $pH = 4.6$  في الحليب فإن الكازابين يترسب تمامًا .

## صناعة متخمرات الحليب :

وهي تلك المنتجات التي تعتمد في صناعتها على نسبة أحياء مجهرية معينة تستهلك المواد السكرية في الحليب وتحولها إلى حامض اللاكتيك ، كما أن أنواع المتخمرات تعتمد على نوع المادة الأولية المستعملة في الصناعة مثل: الحليب الكامل، والمفرز جزئياً، والكريم الخفيف .

## طريقة صناعة اللبن :

الطريقة المتبعة حالياً أو سابقاً أن يغلي الحليب لرفع نسبة المواد الصلبة وتحسين قوامه، أما اليوم فيضاف حليب جاف بنسبة 20% ،وفيما يلي خطوات صناعته :

- 1- فحص الحليب من ناحية الطعم والرائحة وتعديل نسبة الدهن فيه إلى 3% .
- 2- تحسين قوام الحليب بإضافة حليب جاف تصل نسبته إلى 12% .
- 3- تجنيس الحليب وذلك بتسخينه إلى درجة 63°م وتحت ضغط 35-205 كجم / سم<sup>2</sup> لأجل تكسير حبيبات الدهن .
- 4- بسترة الحليب إما عند 82°م لمدة ساعة، أو 90°م لمدة 25 ثانية .
- 5- إضافة الخميرة بنسبة 2-3% بعد تبريد الحليب إلى 45°م .
- 6- التعبئة حيث يعبأ اللبن بعد  $\frac{1}{2}$  ساعة من إضافة الخميرة .
- 7- الحضان ويتم عند درجة 42°م ( 3-4 ساعة ) .
- 8- التبريد على درجة ( 1-2°م ) .

\* \* \*

## الأسئلة

- 1- تكلم بالتفصيل عن الحليب ومكوناته .
- 2- اكتب مذكرات وافية عن كل مما يأتي :
  - أ- الدهون .
  - ب- بروتينات الحليب .
  - ج- بروتينات الشرس .
  - د- بروتينات الكازين .
  - هـ- المركبات النيتروجينية غير البروتينية .
  - و- سكر الحليب .
- 3- اشرح شرحًا وافيًا صناعة سكر الحليب .
- 4- تكلم بإيضاح عن أملاح الحليب .
- 5- اشرح شرحًا وافيًا كل مما يأتي :
  - أ- الفيتامينات .
  - ب- الإنزيمات .
- 6- وضح ما هي الخواص الفيزيوكيميائية للحليب .
- 7- تكلم بالتفصيل عن الآتي :
  - أ- التفاعل الكيميائي للحليب .
  - ب- درجة تجمد الحليب وجليانه .
  - ج- لزوجة الحليب .
  - د- الأحياء المجهرية في الحليب .
- 8- " تشتمل الأصباء الموجودة في الحليب الطبيعي علي بكتريا وخمائر وأعفان وفيروسات " . اشرح هذه العبارة شرحًا وافيًا .
- 9- بين بالشرح الصفات الميكروبيولوجية لمنتجات الحليب .

\* \* \*

## الباب الخامس

### الصناعات الغذائية الحديثة

#### مقدمة :

أسهمت الكيمياء بقسط وافر في تأمين حاجيات الإنسان في توفير المواد الغذائية له ، وجعل بعضها أكثر فائدة - كإنتاج الفيتامينات مثل فيتامين D الذي يستخدم لأكثر من 30 سنة في صناعة الألبان ، وإضافة فيتامين C إلى عصير الفواكه والخضروات لزيادة القيمة الغذائية له .

وتنتج الصناعات الكيميائية عددًا من الأحماض الأمينية لاستخدامها في تعديل القيم الغذائية، مثل: اللايسين الذي يضاف إلى منتجات الحبوب لافتقارها إليه ، وكذلك إضافة ميثايونين إلى البروتين المنتج من النفط ليشبه بروتين السمك الجاف .

وتعد الصناعات المعتمدة على الأحياء المجهرية في إنتاج البروتين من المركبات الهيدروكاربونية من الصناعات المهمة؛ لأنها تؤدي إلى زيادة البروتين الحيواني ، ويمكن أن يكون هذا البروتين صالحًا للإنسان مباشرة إذا وجدت طرق أكثر تقدمًا .

وإن البروتين الناتج من فضلات نباتية؛ كاستعمال المواد السليلوزية مشابهة لبروتين الحليب وهي عالية القيمة الغذائية ولها مستقبل جيد عند إضافتها إلى الخبز ومنتجاته . وإليك بعض الصناعات الحديثة .

## 1- الحليب الصناعي :

يصنع في اليابان وبعض دول العالم الأخرى والقيمة الغذائية لهذا الحليب عالية ، وهو يشبه الحليب العادي ويحضر صناعيًا من نقع فول الصويا بالماء ، بعدها تفصل عن ماء النقع ، بعد فصلها تسحق بالماء بنسبة 1:1 ( ماء : فول ) ويطبخ الخليط لمدة 10-15 دقيقة بدرجة 100°م .

إن هذه العملية تؤدي إلى استخلاص 5% من البروتين والدهن بواسطة هذا الماء ، ويضاف إليه الفيتامينات مثل ستين ومثايونين وسكر ، ويصبح الحليب بذلك ذا قيمة غذائية عالية وقد يجفف لإنتاج مسحوق الحليب الصناعي .

## 2- البروتينات النسيجية :

وتسمى بذلك لأنها تصنع من ألياف مشابهة لتلك المستعملة في الصناعات النسيجية . وتشمل الأغذية المصنعة من البروتين النباتي ، التي تحضر بحيث تشبه في قوامها ولونها ونكهتها اللحوم أو الأجبان ، كما أنها تبقى محافظة على صفاتها حتى بعد الطبخ .

ويحضر البروتين من فول الصويا، والفول السوداني، وبروتين الذرة والبقوليات ، وقد تستعمل بروتينات من مصادر أخرى حيث تأخذ البذور وتنظف ثم تكسر لإزالة قشرتها ، واستخلاص زيوتها إن كانت بذورًا زيتية كفول الصويا والفول والعصفر والسمسم .

بعدها تطبخ البذور بالبخار حتى يتصلب البروتين ثم تحصص وتبرد وتستخلص محتوياتها السكرية بالماء ويبقى البروتين الخام



( أكثر من 70% بروتين ) الذي يمكن أن ينقى إلى أكثر من ذلك .

وتحضر الألياف البروتينية بإذابة البروتين وجعله على شكل مادة غروية في محلول قلوي، ثم يضغط البروتين من ثقوب ضيقة لإنتاج الألياف بأقطار قد تصل 20 ميكرونًا وهي عملية شبيهة بصناعة ألياف النايلون .

ثم تغطس الألياف بعد سحبها في محلول ملحي 0.5-1% ملح مع قليل من الحامض (  $pH = 5.6-6.4$  ) لإعطاء الصلابة المطلوبة للخيوط . وتجمع الخيوط على شكل كتل شبيهة بتركيب العضلات اللحمية وتلتصق الألياف ببعضها بإضافة مواد لاصقة مثل النشا والديكسترين والبروتين والصمغ .

ويتم ذلك برش مساحيق المواد اللاصقة ، أو يعمل محلول منها تغطس فيها الألياف، ويضاف إلى اللحوم مواد في نهاية العملية لإعطاء تركيب اللحم منها الألوان ومقدار من الدهن ( دهن حيواني ) ومواد منكهة ونسبة من الملح وقد يضاف مسحوق الحليب والتوابل .

وقد يضاف بياض البيض لبعض اللحوم المصنعة ، أما عندما تحضر هذه اللحوم من بقايا البذور كعباد الشمس والسّمسم فإن القيمة الغذائية لبروتين الزيوت يتم تحسينها بإضافة بروتينات البقوليات لعدم احتواء الزيوت النباتية على اللايسين .

وتبين أن القيمة الغذائية لها قريبة من البروتين الحيواني، ورخيصة الثمن، ولا تحتاج إلى تجميد مثل اللحم عند حفظها، وتضاف إلى الباسترمة ( الصوصج ) بنسبة 25% .

### 3- منتجات الألبان الصلبة :

إن البروتين الحاصل من البقوليات غير كاف، ولهذا اتجهت الأنظار إلى بروتين الأوراق النباتية ، ويصنع هذا البروتين من الأوراق ويضاف إلى أغذية مختلفة ، إلا أنه لم يكن مرغوباً به بسبب لونه الأخضر في المنتجات الصناعية ، ولكن تم التغلب على هذه المشكلة بتحويله إلى بروتين أبيض اللون .

وهناك نوع آخر من البروتين يسمى بروتين وحيد الخلية وهو يحضر من النفط والسليولوز باستخدام البكتريا والخمائر والأعفان والطحالب لإنتاج علف الحيوانات .

### 4- الصناعات التخميرية :

يعد استخدام الكائنات الدقيقة لتحويل مادة إلى أخرى علماً يستحق دائماً الدراسة من قبل الإنسان فهو يصلح مجالاً للتطبيق بكامل طاقته للاستفادة منه في إنتاج أو صناعة مواد متنوعة تعتمد في صناعتها على الأحياء الدقيقة .

ومن أول هذه الصناعات التي عرفها الإنسان صناعة الكحول ، وحديثاً الأسيتون، والبيوتانول، وحامض الخليك ، وحامض اللاكتيك ( اللبنيك ) ، وحامض الستريك ( الليمونيك ) ، والمضادات الحيوية ، والبروتينات ، والأنزيمات ، وغيرها .

وإن هذه الصناعات تعتمد على الأساس نفسه من المعرفة ، وذلك بتحضير وسط ملائم لتكاثر هذه الكائنات، بعدها تقوم بتحضير المادة المطلوبة، ثم فصلها وتنقيتها أو الاستفادة منها مباشرة .

ونجد أن الكائنات الدقيقة التي تستخدم في هذه الصناعات تشمل الخمائر والبكتريا وحيدة الخلية ، والخمائر لها أشكال بيضوية غير

منتظمة ، وتتكاثر بالبراعم والبكتيريا أصغر منها ومتعددة الأشكال ، وأكثرها لها شكل عضوي ، وتتكاثر بالانشطار . والعفن خويطات متعددة الخلايا تزداد بالنمو الإنباتي للخويط .

إن تكاثر هذه الكائنات سريع جداً بحيث يقاس بالدقائق ، وإليك أمثلة على الاستفادة منها في تحضير الطعام والغذاء مثل الخبز ( تستعمل الخمائر ) ، الجبن ( العفن أو البكتيريا ) والخل ( بكتيريا وخمائر ) ، والشاي ( بكتيريا ) ، والقهوة ( عفن ) ، والكوكا ( بكتيريا وخمائر ) .

ومنها أيضاً الطرشي ( بكتيريا وخمائر ) ، الزيتون ( بكتيريا ) ، والزبد ( خمائر ) والتبغ وفيتامين A ( بكتيريا ) ، رايبوفلافين ( بكتيريا وخمائر ) وبالنسبة للمضادات الحيوية فمثلاً البنسلين ( عفن ) ، وتيراميسين ( عفن ) والهرمونات والأنزيمات ( خمائر ) ، صناعة الكحول ( خمائر ) ،  $CO_2$  ( خمائر ) .

## 5- الخمائر :

الخمائر عبارة عن فطريات وحيدة الخلية وقد تكون مفيدة أو ضارة في الأغذية فهي تستخدم في صناعة الخبز ، أو الكحول والخل وإنتاج بعض أنواع الجبن والفيتامينات والعطور وإنتاج البروتين من مخلفات الصناعات الغذائية ومن النفط . أما الضارة فهي تفسد عصير الفاكهة والعسل واللحوم والألبان ومنتجاته .

وتتكاثر الخمائر قسم منها بالتبرعم ، والقسم الآخر بالسيورات ولهذا تقسم الخمائر حسب تكاثرها إلى مجموعتين ، والمجموعة الأخيرة تسمى بالخمائر الحقيقية ، ومعظمها لها أهمية صناعية ، وتشتمل على الخمائر التي تستخدم في إنتاج الدهون وأنواع منها تنتج أنزيمات تحلل النشا .

وهناك بعض الأنواع تنمو على الفاكهة وتعفنها ، وخمائر هي من أهم الخمائر بالنسبة للصناعات الغذائية، ولاسيما النوع الذي يستخدم في صناعة الخبز وإنتاج أنزيم الانقلاب الذي يستخدم في صناعة الحلويات وفي إنتاج الكحول والجليسرين وبعض الألبان المتخمرة .

وهناك أنواع تابعة لهذه الخمائر يمكنها العيش في المحاليل السكرية ذات التركيز العالي فتؤدي إلى فساد الأغذية السكرية والفواكه المجففة . وهناك خمائر يمكنها العيش في التراكيز العالية من السكر، ولهذا تفسد الأغذية السكرية كالعسل والدبس والعصائر المركزة والشربات .

وخمائر أخرى وتمتاز هذه الخمائر بأن شكلها يشبه شكل الليمون وهي من الخمائر المؤكسدة غير المرغوبة في صناعة الكحول والعصائر والخمائر الغشائية وهي الخمائر التي تنمو على سطح الأغذية الحامضية والمخللات على شكل غشاء وهي خمائر مؤكسدة .

وهذه الخمائر تؤكسد الحامض فتتغير ظرفاً مناسباً لنمو البكتريا المعفنة فتعفن الأغذية ، وقسم من هذه الخمائر تنمو حتى في المحاليل المركزة من محاليل ملح الطعام لحفظ الجبن فتفسده ، وكذلك الحال بالنسبة للحوم المملحة ، وأنواع منها تؤكسد الكحول .

أما المجموعة الثانية من الخمائر التي تتكاثر بالبراعم فتسمى الخمائر الكاذبة ومنها خمائر مؤكسدة تكون أغشية على المخللات وخمائر وهي خمائر مؤكسدة تكون أغشية على الأغذية الحامضية والمخللات وبعض أنواعها تحلل الدهون .

لذلك تستخدم في صناعة بعض أنواع الجبن مثل الجبن الأزرق، ولكن هذا النوع من الخميرة عندما ينمو على الزيت أو الدهن فإنه يؤدي إلى ترنخها ،

ونجد أن أحد أنواعها يستخدم في صناعة البروتين . وهناك خمائر يطلق عليها الخمائر الملونة لأنها تترك بقعاً وريّة على الأغذية مثل اللحوم والخضر المخللة .

وخمائر أخرى تمتاز بشكل مقوس وتتحمل التراكيز العالية من الأملاح والكحول؛ ولهذا تتسبب في فساد الأغذية المملحة والمشروبات الكحولية. كما أن هناك خمائر أخرى حيث تكون كميات كبيرة من الغازات بحيث تعمل على عوم الخيار إلى الأعلى في الخيار المخلل وهناك نوع منه يستعمل في صناعة الجبن الروسي المعروف بالكفير .

## 6- صناعة البروتين وحيد الخلية :

يحصل على البروتين النفطي من زراعة كائنات حية وحيدة الخلية أو الفطريات أو الخمائر التي تعتمد تغذيتها على النفط وبما أن هذه الكائنات وحيدة الخلية فيسمى بروتين وحيد الخلية ويكون بشكل مسحوق أبيض أو رمادي ومقبول الرائحة ويخلط مع علائق العلف الحيواني وهو مشابه لبروتين فول الصويا وقريب من بروتين السمك، إلا أنه لا يحتوي على الحامض الأميني ميثايونين، ولذلك يضاف إليه هذا الحامض .

### مراحل صناعة البروتين :

أولاً : تمزج المواد الخام: أي الألكانات وهي من مشتقات النفط وعدد ذرات الكربون فيها تتراوح  $C_{13}-C_{19}$  ؛ لأن أقل من  $C_{13}$  نجد أن النمو يكون بطيئاً وأعلى من  $C_{19}$  يحدث تصلب ، مع محلول الأملاح المعدنية وتشتمل على الأمونيا أو اليوريا أو أملاح النترات ومحاليل الفوسفات والنترات والكبريتات والحديد وأملاح  $Cu$  و  $Zn$  و  $Mn$  و  $Ca$  و  $K$  مع الهواء وجميع المواد تمزج وتعقم .



ثانيًا : عملية الخلط والتخمير: في هذه العملية يضاف إلى المزيج الخميرة بنسبة 1:1 من الهيدروكربونات وعند درجة 30°م لأنها الدرجة المناسبة للتخمير ولهذا تحتاج عملية التخمير إلى تبريد وكذلك مزج حتى لا يحصل ترسب في قعر الأوعية .

ثالثًا : الفصل والفرز: حيث يفصل الماء عن المواد الهيدروكربونية ثم تفصل الخميرة عن الماء بجهاز طارد عن المركز .

رابعًا : التنقية والتجفيف : هنا تنقى الخميرة باستعمال مذيبات عضوية لفصل الهيدروكربونات الزائدة ثم تجفف الخميرة تحت ضغط منخفض حتى لا يفقد البروتين خواصه الطبيعية وإلى حدود 5% رطوبة .

كما أن إنتاج البروتين وحيد الخلية لا يتوقف عند استعمال الألكانات السائلة والخمائر، فقط بل يمكن إنتاجه من مصادر أولية مختلفة وبطرق متعددة منها ما يلي :

- 1- استعمال زيت الغاز بتمية خمائر أو بكتيريا .
- 2- استعمال الميثانول بتمية خمائر .
- 3- استعمال غاز الميثان والغاز الطبيعي بتمية بكتيريا .

## 7- صناعة خميرة الخبز :

تصنع من المولاس بعد تحويله إلى محلول 30-40% ، ثم تفصل الشوائب العالقة ويعقم المحلول ويضاف إليه الخميرة ومواد نيتروجينية وفوسفاتية مع إمرار غاز الأوكسجين ، وتتم عملية التخمير عند درجة 28-30°م و  $pH > 5$  حتى لا يحدث تلوث بكتيري . وبعد إكمال عملية التخمير تفصل الحجيرات وتغسل لإزالة الشوائب والأملاح ثم تخزن في درجة 5°م وترشح لخفض نسبة الماء ثم تقطع وتجفف إلى نسبة 9% رطوبة وتبقى

حية ثم تعباً ، وبذلك تكون صالحة للاستعمال في صناعة الخبز ومنتجات الحبوب .

## 8- صناعة الغذاء الحيواني عالي البروتين :

يصنع من المولاس بعد تحويله إلى محلول وإضافة أملاح نتروجين غير عضوية بحيث يكون وسطاً ملائماً لنمو خميرة التورولا، وبعد نمو هذه الخميرة تبستر وتجفف إلى نسبة أقل من الخميرة الجافة، وتمتاز هذه الخميرة بأن نسبة البروتين فيها أعلى من الخميرة الجافة وبعد البسترة تضاف إلى علائق الحيوانات .

## 9- استعمالات أخرى صناعية للمولاس :

وعلاوة على صناعة خميرة الخبز والغذاء الحيواني عالي البروتين من المولاس ، فهناك استعمالات أخرى صناعية للمولاس وبالطريقة الحيوية أيضاً أي باستخدام البكتريا والخمائر والفطريات، فمثلاً بواسطة التخمير اللاهوائي يمكن صناعة ما يأتي :

### 1- بواسطة الخميرة :

أ- تحضير الكحول الأيثلي :



ب- الجليسرين :

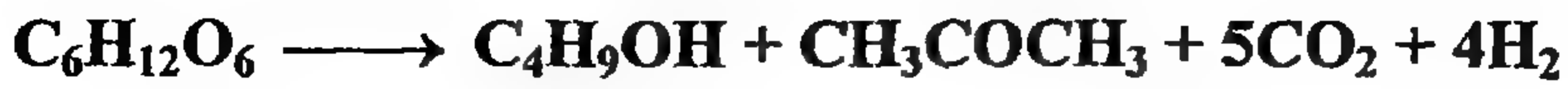


### 2- بواسطة البكتريا :

أ- حامض اللاكتيك :



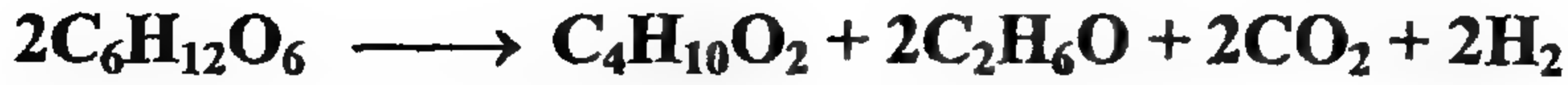
ب- الكحول البيوتيلي والأسيتون :



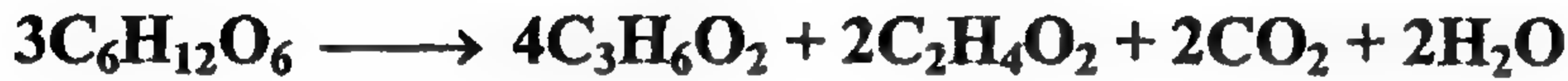
ج- حامض البيوتريك :



د- الكحول الأثيل وبيوتيل جلايكول :



هـ- حامض البروبونيك :



3- بواسطة التخمر الهوائي: ويمكن تحضيره مما يأتي :

أ- التخمر مع البكتريا :

1- حامض الخليك :



2- حامض الجلوكونيك :



3- ثنائي أوكسيد الأسيتون (  $\text{CH}_2\text{OHCOCH}_2\text{OH}$  ) :



ب- التخمر مع الفطريات :

1- حامض الستريك ( الليمونيك ) :



2- حامض الجلوكونيك :



3- حامض الفورماريك :



4- حامض الأوكساليك :



\* \* \*

## **"الأسئلة"**

- 1- اكتب مذكرات علمية وافية عن كل مما يأتي :
  - أ- الحليب الصناعي .
  - ب- البروتينات النسيجية .
  - ج- منتجات الألبان الصلبة .
  - د- الصناعات التخمرية .
  - هـ- الخمائر .
- 2- تكلم بالتفصيل عن صناعة البروتين وحيد الخلية مبيناً المراحل المختلفة لصناعة البروتين .
- 3- وضح بالشرح عملية صناعة خميرة الخبز .
- 4- هناك استعمالات أخرى صناعية للمولاس . وضح ذلك مبيناً بالمعادلات التخمر اللاهوائي بواسطة الخميرة أو بواسطة البكتريا ، وكذلك التخمر الهوائي سواء بواسطة التخمر مع البكتريا أو التخمر مع الفطريات .

\* \* \*



## الباب السادس

### صناعة الصابون

#### مقدمة :

تعد صناعة المواد الدهنية وهي الزيوت النباتية والشحوم الحيوانية ، من الصناعات الكيميائية المهمة ؛ لأنها تدخل في صناعات متعددة منها صناعة الصابون والمنظفات الصناعية .

كما أن صناعة الصابون لم تتقدم كثيرًا في جميع البلدان إلا بعد انتشار استخدام كربونات الصوديوم التي يتم تحضيرها من تفاعل حمض الكبريتيك مع كلوريد الصوديوم لإنتاج كبريتات الصوديوم وحمض الهيدروكلوريك ، ثم تعالج كبريتات الصوديوم وبيكربونات الكالسيوم والكربون للحصول على كربونات الصوديوم .

ويؤدي الصابون والمواد المنظفة مهمة أساسية في حياة الإنسان من حيث عامل منظف ، كما أن الأملاح القلوية للأحماض الدهنية التي تحوي عددًا معينًا من ذرات الكربون تعد قابلة للتنظيف .

وتذوب أملاح الأحماض الدهنية والحاوية أقل من عشر ذرات كربون جيدًا في الماء ؛ لذلك تعد قليلة التنظيف . أما أملاح الأحماض الدهنية التي تحوي أكثر من عشرين ذرة كربون فهي لا تذوب عمليًا في الماء ؛ ومن ثم فهي لا تصلح موادًا منظفة .

ويحضر الصابون عادة بتفاعل تعديل لحمض دهني عالٍ أو أستّر حمض دهني، ويتم تفاعل التعديل هذا بإضافة قلوي (مثل الصوديوم، أو كربونات الصوديوم) إلى الزيت النباتي أو الشحم الحيواني .

ونجد أن أكثر أنواع الصابون انتشاراً في الصناعة هي أملاح الصوديوم للأحماض الدهنية التي يبلغ عدد ذرات الكربون فيها بين ( 15 و 17 ) ذرة كربون مثل بالمينات الصوديوم  $(C_{15}H_{33}COONa)$ ، وزيتات الصوديوم  $(C_{17}H_{33}COONa)$  ، وتعد هذه بعض أنواع الصابون القاسية ، أما أملاح البوتاسيوم للأحماض الدهنية مثل ستيرات البوتاسيوم  $(C_{17}H_{33}COOK)$ ، فهي تعد بعض أنواع الصابون الطرية مثل معاجين الحلاقة .

### التصبن :

عملية التصبن هي تفاعل تحلل الأسترات للأحماض الدهنية والذي ينتج عنه تشكل الأحماض الدهنية والكحولات الحرة كما يلي :



أما في صناعة الصابون فإن التصبن يُعرف بأنه الحصول على الصابون بمفاعلة الزيوت والشحوم بالمحاليل القلوية . ويرافق التصبن تفاعلين كيميائيين مهمين هما :

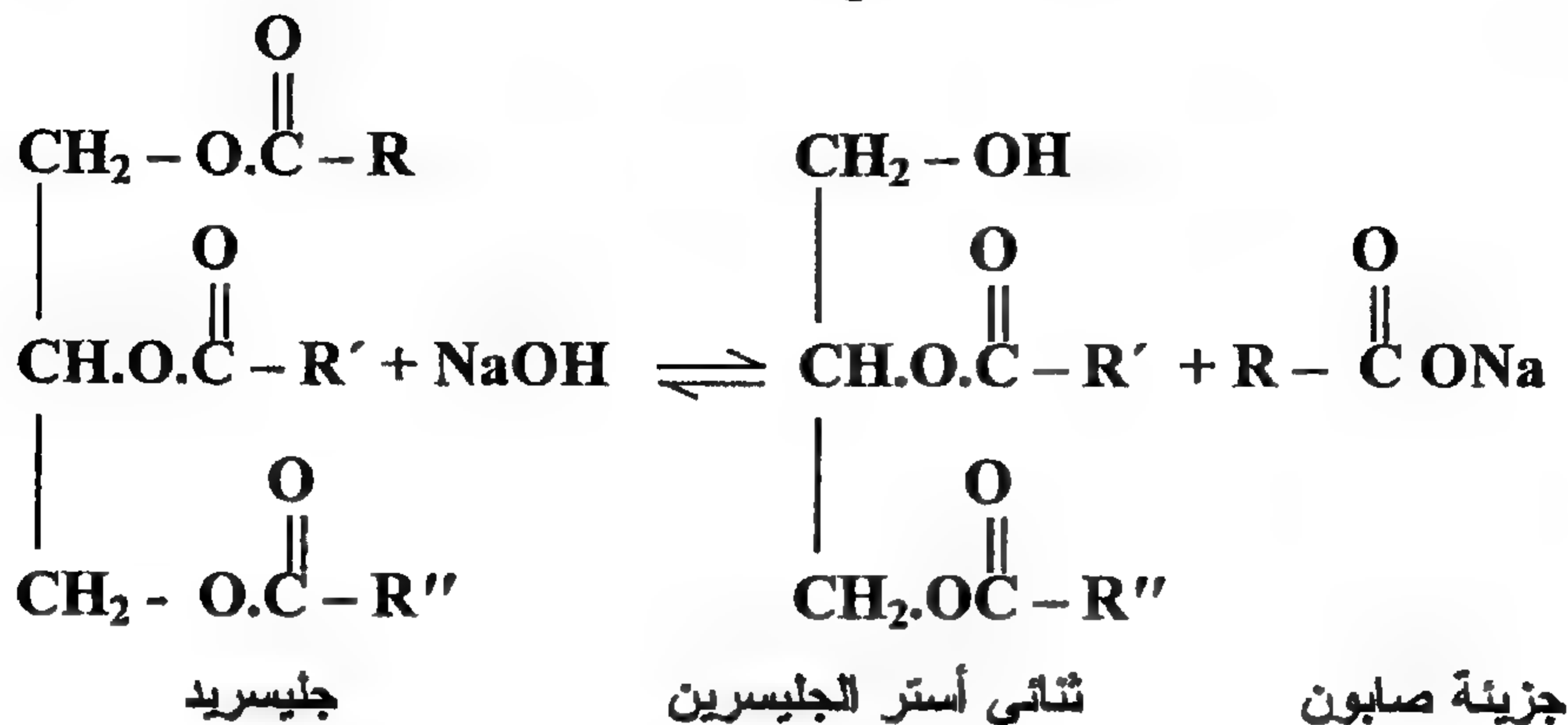
- أ- تفاعل أسترات الأحماض الدهنية بالجليسرين ( الفليسريدات ) .
- ب- تعديل الأحماض الدهنية ( الناتجة عن عملية التحلل ) بالقلويات .

كما أن عملية التحلل المائي - الجليسريدات - وتشكل الصابون تتم وفق

ثلاث مراحل :

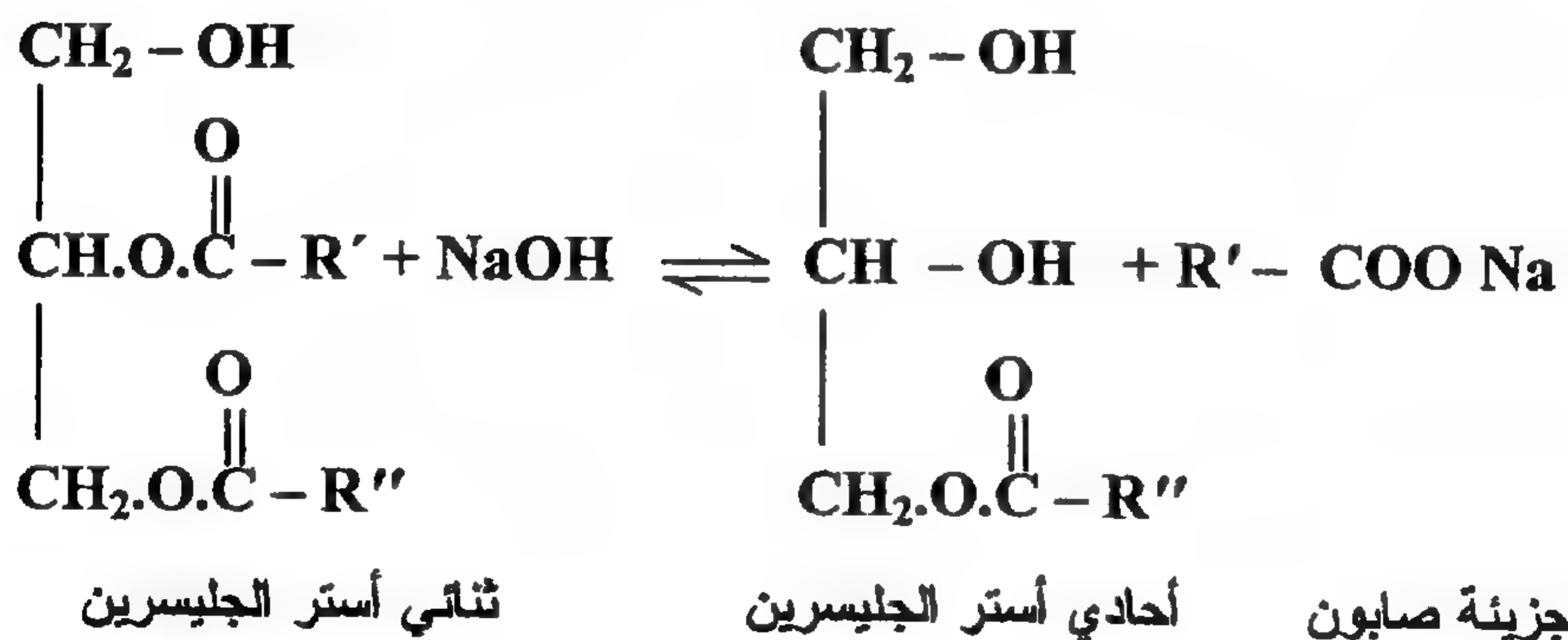
## المرحلة الأولى :

ويتم فيها تحلل وظيفة أستيرية واحدة وتنتج بذلك جزيئة واحدة من الصابون :



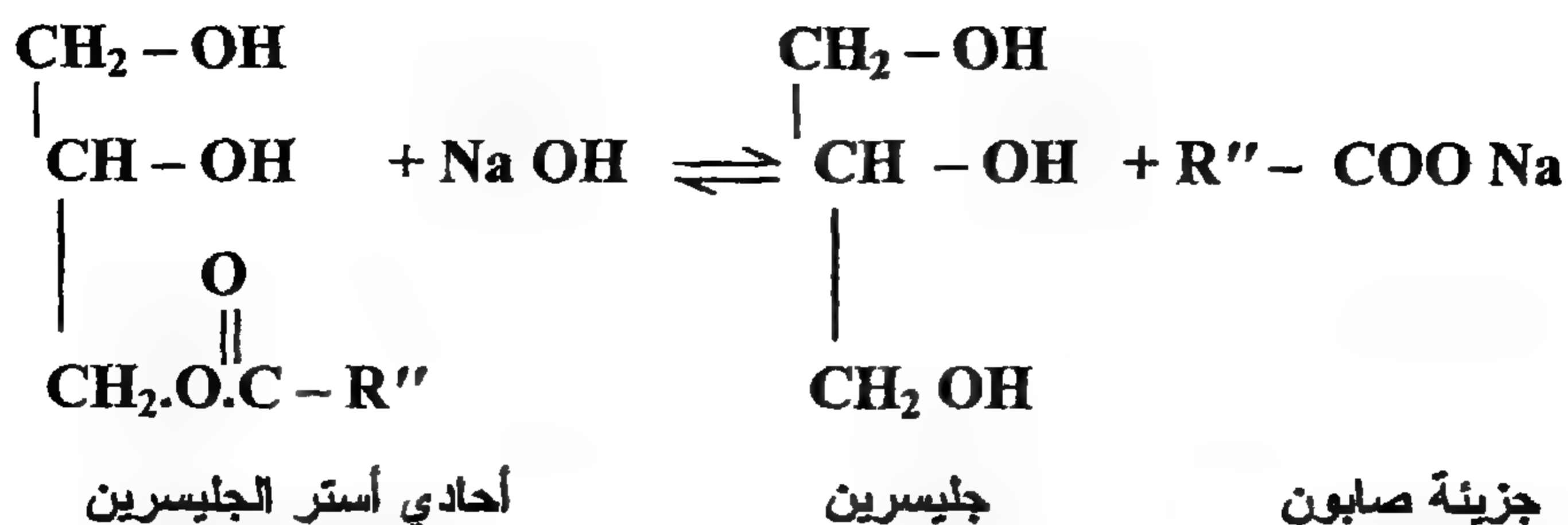
## المرحلة الثانية :

يتحلل في هذه المرحلة ثنائي أستر الجليسرين المتكون بالمرحلة الأولى وينتج أحادي أستر الجليسرين مع جزيئة صابون :

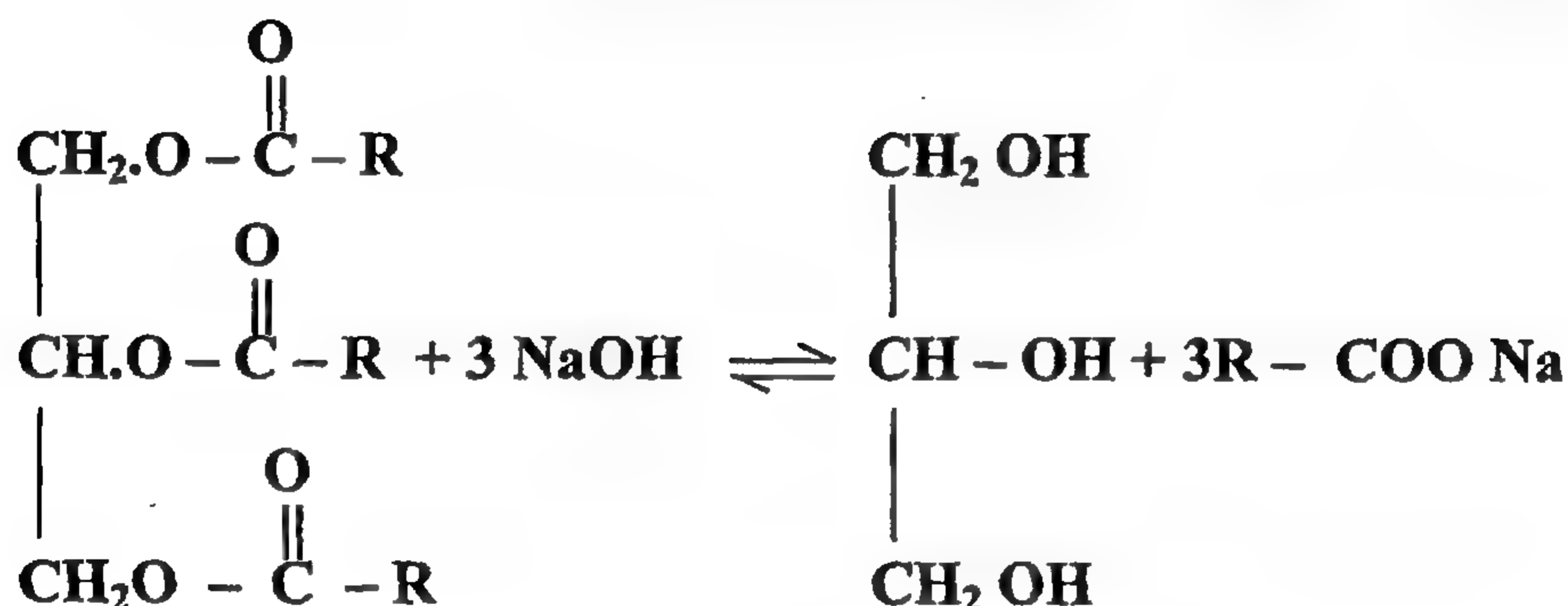


## المرحلة الثالثة :

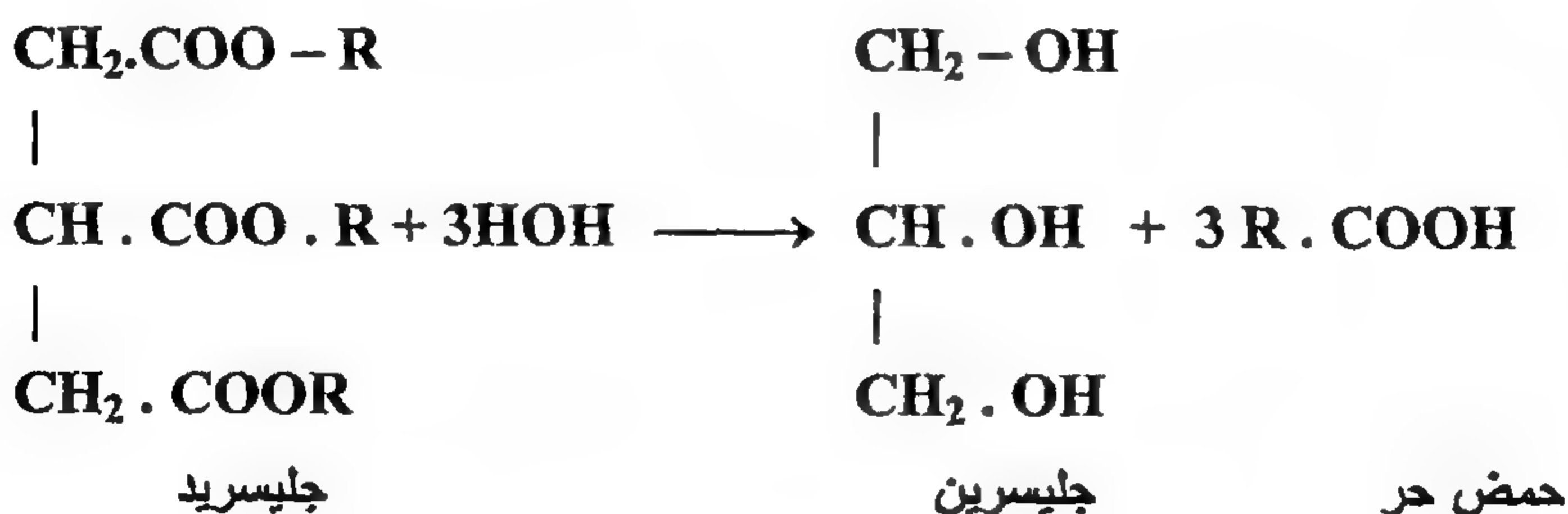
يتحلل في هذه المرحلة أحادي أستر الجليسرين المتكون بالمرحلة الثانية ويتشكل بذلك الجليسرين وجزيئة من الصابون .



ويمكن اختصار المعادلات السابقة بالمعادلة العامة الآتية :



ويمكن إجراء عملية التصبن وفق ما يأتي ، حيث نحصل على الجليسرين والحمض الحر ويكون هذا التفاعل بطيئاً كما يلي :



ومن ثم يعامل الحمض الحر مع القلوي للحصول على الصابون ، ويتم هذا التفاعل بشكل سهل وسريع :



حمض حر

صابون

حيث إن الحمض الحر (R-COOH) يتحرر من الجليسرين بفعل الإماهة البطيئة بمرور الزمن وبوجود الرطوبة ( رطوبة الجو ) ، حيث يفسر ذلك ازدياد حامضية الزيت بمرور الزمن معطية إياه الطعم اللاذع .

### سرعة تصبن الجليسيريدات الثلاثية :

تُصبن الجليسيريدات الثلاثية أولاً في المعلق ، وتكون سرعة التفاعل متعلقة في بداية العملية بتشتت المزيج الدسم فالدهون والزيوت الدسمة غير ذوابة بالماء ؛ أما سرعة التفاعل في البداية فتكون ضعيفة وعند تشكل معلق الماء في الدسم فإن سرعة التفاعل تزداد ازدياداً واضحاً ويجري التفاعل عندئذ في وسط متجانس .

وتتعلق السرعة بذلك بسطح التماس بين المواد المتفاعلة، والذي يتعلق هو أيضاً بدرجة تشتت الدسم في المعلق وعند زيادة درجة تشتت المعلق وذلك بالتحريك، تزداد سرعة هذا الدور بحدود 20 مرة .

ولقد أثبتت الفحوص المجهرية للمعلق المتشكل أنه كتلة متحركة مؤلفة من أكياس القلوي المتوغلة في الزيت التي تملك جدراناً صابونية قاسية وتتشكل في نهاية عملية التصبن كتلة .

وتزداد سرعة التفاعل عندما يحتوي مزيج التفاعل أكثر من 20% من الصابون في البدء . وهذا ناتج من تشكل فقاعات صفيحية قادرة على جذب الزيوت الدسمة ، وفي نهاية التفاعل تتناقص سرعة التفاعل نتيجة انخفاض تركيز المادة القلوية .



**آلية عمل الصابون من حيث هو منظف :**

**تتألف جزيئة الصابون من قسمين رئيسين :**

**القسم الأول :** رأس قطبي يألف بالماء (Hydrophilic) يحتوي على المجموعة الكربوكسيلية والشحنة المعدنية، أما القسم الثاني فهو ذيل لا قطبي كاره للماء (Hydrophobic) ويتضمن السلسلة الألكيلية .

ويعتمد الفعل التنظيمي للصابون علي عدة حوادث فيزيائية وكيميائية معقدة تجعل من محلول الصابون في الماء محلولاً غروئياً فينجذب الذيل اللا قطبي نحو المادة المراد إزالتها (كالدهن مثلاً) أما الرأس القطبي فينحل في الماء جاذباً معه الذيل لينجرف مع التيار .

**المواد الأولية اللازمة لصناعة الصابون :**

تصنف المواد الأولية التي تدخل في صناعة الصابون وفق المجموعات الآتية :

1- المواد والأحماض الدهنية الدسمة .

2- المواد القلوية .

3- المواد المضافة والمساعدة .

وفيما يأتي شرح مفصل لكل مجموعة على حدة :

**أولاً : المواد والأحماض الدهنية :**

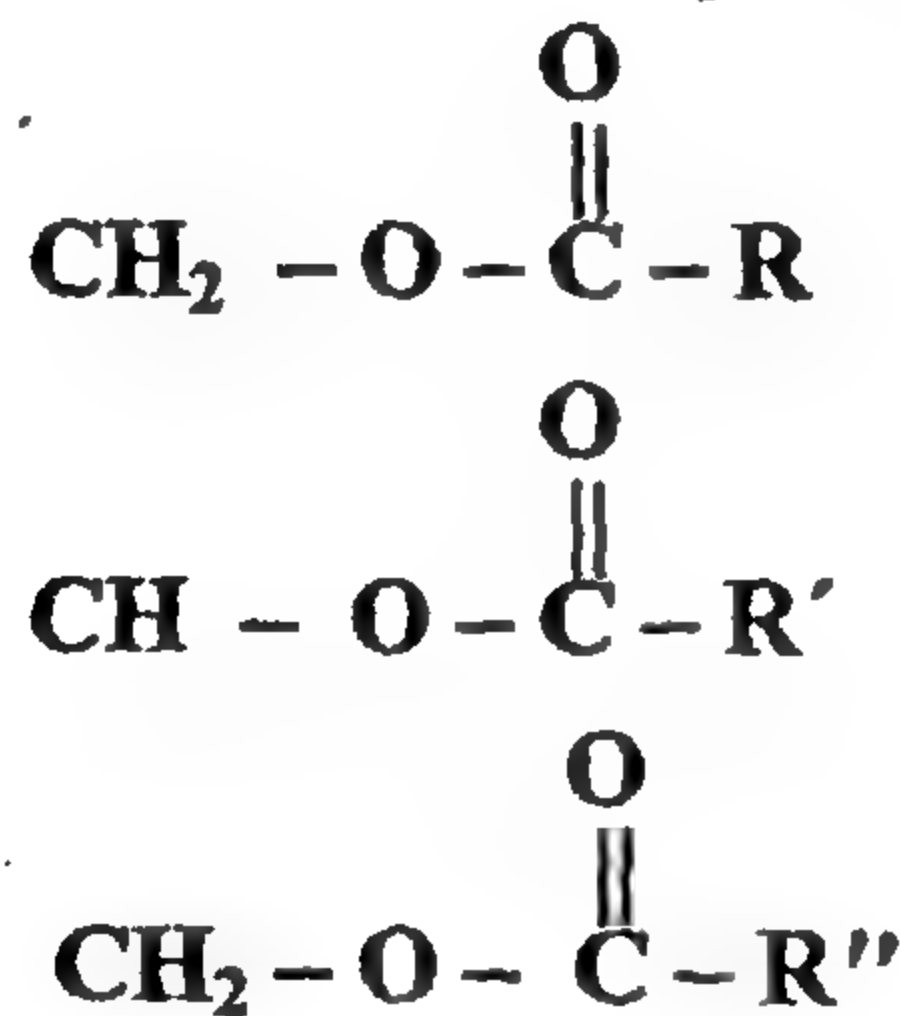
إن الأحماض الدهنية الدسمة الأكثر ملاءمة لصنع الصابون هي الأحماض الدهنية المشبعة التي تحوي ما بين (12 و18) ذرة كربون، والأحماض الدهنية التي تحوي رابطة مضاعفة واحدة .

ويمكن استخدام أحماض غير مشبعة ثنائية للرابطة المضاعفة، مثل: حمض اللينولينيك بنسبة محددة في صنع الصابون؛ لأن استخدام هذا الحمض بنسب مرتفعة أمر غير مرغوب به، بسبب تغير مواصفات الصابون مع مرور الزمن، وبسبب أكسدة الروابط المضاعفة .

أما المواد الدهنية التي تدخل في صناعة الصابون فتصنف إلى المجموعات الآتية :

#### أ- الشحوم والدهون الحيوانية :

يقصد باصطلاح الدهون من وجهة نظر التركيب الكيميائي بأنها مجموعة من المركبات ولاسيما أسترات الأحماض الدهنية مع الكحول الثلاثي ؛ ولهذا يفضل تسميتها بالجليسيريدات الثلاثية ، وتكون الصيغة الكيميائية للجليسيريدات الثلاثية وفق الشكل الآتي :



وتقسم الجليسيريدات إلى جليسيريدات بسيطة، وأخرى مختلطة ، حيث تكون الأولى عبارة عن: أسترات للجليسرين مع أحد الأحماض الدهنية الدسمة العالية مثل ثلاثي أولينين الجليسرين .

أما الجليسيريدات المختلطة فمؤلفه من أحماض دهنية عالية مختلفة مع الجليسيرين مثل: بالميتو - ستيرو - أولينين الجليسيرين .

## ب- الزيوت النباتية :

يتم إنتاج هذه الأنواع من عدة نباتات مختلفة وأهمها الزيتون وبذر القطن وفول الصويا وعباد الشمس .

وتحتوي هذه الزيوت على نسبة عالية من حمض الأوليئيك ، وتتميز هذه المجموعة بانخفاض درجة انصهارها وبارتفاع عدد الروابط المضاعفة فيها.

## ج- نواتج تكرير الزيوت :

تنتج هذه المواد من معالجة الزيوت النباتية بماءات الصوديوم . وتحتوي هذه المواد على نسبة عالية من الشوائب ؛ لذلك تستخدم هذه النواتج في تصنيع أنواع رديئة من الصابون .

## د- الزيوت البحرية :

تنتج هذه الزيوت من الحيوانات البحرية كالحيثان وكلب البحر والسردين، وتحتوي الأحماض الدهنية المكونة لهذه الزيوت على روابط مضاعفة بنسبة مرتفعة؛ لذلك فهي غير مفضلة في صناعة الصابون إلا بعد إخضاعها لعملية هدرجة بقصد إشباع تلك الروابط .

## ثانياً : المواد القلوية :

يتم استخدام المواد القلوية من أجل تعديل الأحماض الدهنية سواءً أكانت موجودة حرة ، أم ناتجة من عملية التحلل المائي للجليسيريدات، وتستعمل عادة ماءات الصوديوم كثيراً لإنتاج صابون من النوع القاسي .

أما إذا كان المطلوب إنتاج صابون من النوع الطري فيفضل استخدام ماءات البوتاسيوم .

ويمكن في بعض الأحيان استخدام كربونات الصوديوم من حيث هي مادة قلوية لإنتاج الصابون .

ثالثاً : المواد المضافة :

تعد هذه المواد ذات تأثير فعال في جودة الصابون فمن هذه المواد ما يساعد على عملية التنظيف مثل تري بولي فوسفات الصوديوم ( $\text{Na}_5 \text{P}_3 \text{O}_{10}$ )، أو بيرو فوسفات رباعية الصوديوم ( $\text{Na}_4 \text{P}_2 \text{O}_7$ ) .

ومن هذه المواد ما يحسن نوعية الصابون مثل الزيوت العطرية، والمواد الملونة، ومنها ما يقلل من كلفة الصابون حيث تسمى هذه المركبات المواد المائلة مثل: سيليكات الصوديوم، أو بودرة التالك، أو كبريتات الصوديوم .

### صناعة الصابون وفق الطريقة غير المستمرة :

يتم تقسيم عملية صناعة الصابون بهذه الطريقة إلى المراحل الآتية :

#### 1- التصبن :

تتم هذه العملية في أحواض كبيرة مصنوعة من الحديد المبطن من الداخل بطبقة من الفولاذ غير القابل للصدأ ، وتكون هذه الأحواض أو القدور مزودة بملفات لإدخال البخار اللازم للتسخين .

وتحتوي هذه القدور عدة فتحات من أجل إدخال المواد الدسمة والماء والمحلول الملحي والمادة القلوية ، ويمكن تجهيز هذه القدور بخلاطات ميكانيكية أو بخلاطات يدوية .

ويتم إدخال شحنة من المواد الدسمة إلى القدر (الوعاء) في البداية فلا تزيد كمية المواد الدسمة على نصف سعة القدر ، ثم نسخن

ما سبق حتى الدرجة 100°م باستخدام البخار أو بواسطة حرق المواد البترولية ، ثم نضيف محلول ماءات الصوديوم ببطء وحذر شديدين .

وفي حالة تصلب كتلة المزيج نضيف ببطء كمية مناسبة من الماء المغلي حتى الحصول على مزيج لين قابل للتحريك بسهولة ، ونضيف كمية أخرى من محلول عالي التركيز لماءات الصوديوم بعد مدة من الزمن مع المحافظة على التحريك والتسخين في آن واحد .

ولقد وجد أن كمية ماءات الصوديوم المضافة إلى الأحماض الدسمة يجب أن تكون زائدة بحدود 2% على القيمة النظرية المحسوبة ، وتستغرق عملية التصبن عموماً (15) ساعة تقريباً .

## 2- فصل الصابون :

عند التأكد من تمام عملية التصبن ، يضاف إلى القدر محلول مركز لملح الطعام مع التحريك لفصل الصابون عن الماء القلوي الذي يكون حاوياً الجليسرين، ثم نترك المزيج لعدة ساعات .

ثم نسحب الطبقة المائية من فتحة في أسفل القدر . والهدف الأساسي من هذه العملية هو الحصول على صابون نقي خال من المواد العالقة كالماء والأحماض الدسمة والجليسرين .

## 3- تنقية الصابون :

تغسل كتلة الصابون الخام من أجل إزالة المادة القلوية والجليسرين المتبقي ، وتتم هذه العملية بإعادة غلي الصابون مع كمية من المحلول الملحي حتى نحصل على



سائل متجانس، ثم نضيف كمية أخرى من المحلول الملحي من أجل فصل الصابون عن الماء .

ونترك المحتويات داخل القدر مدة كافية من الزمن، ثم نسحب بعد ذلك الطبقة المائية السفلى، ويفضل عادة تكرار عملية الغسيل ثلاث مرات حيث يكون الصابون الناتج ذا نقاوة عالية، ويؤخذ الماء الناتج من الغسيل إلى قسم المعالجة للحصول على الجليسرين .

#### 4- تفريغ الصابون وإضافة المواد المرغوب بها :

بعد الانتهاء من عملية تنقية الصابون نترك المزيج الصابوني يبرد مدة من الزمن من أجل تخفيض درجة حرارته، ثم يفرغ الصابون في قوالب كبيرة، ويؤخذ إلى قسم التجفيف المؤقت حتى نحصل على نسبة رطوبة بحدود 30% .

بعد ذلك يؤخذ الصابون إلى حوض أسطواناني مبطن بالفولاذ ومزود بخلاط ومسخن من أجل حفظ الصابون بدرجة حرارة مناسبة، ثم نضيف المواد المائلة والزيوت العطرية ، وتخلط هذه المواد مع الصابون جيدًا.

يؤخذ الصابون بعد ذلك إلى القوالب الخاصة حيث يفرغ فيها بشكل آلي، أو يدوي، ويتم في هذه الأثناء طباعة الماركة أو أية دلالة أخرى على قطعة الصابون .

#### 5- تجفيف الصابون :

بعد الحصول على ألواح الصابون يجفف الصابون: إما عن طريق وضعه في مكان خاص ذات تهوية جيدة، ويجب التنبيه إلى ضرورة عدم دخول

أشعة الشمس إلى مكان وجود أكوام الصابون؛ لأن أشعة الشمس تساعد على تردي الصابون المنتج .

أو يتم إدخال الصابون في نفق حرارته بحدود 50°م مع السماح بإمرار تيار معاكس من الهواء الساخن لسحب الرطوبة .

### صناعة الصابون بالطريقة المستمرة :

يسخن المحلول القلوي إلى درجة حرارة أقل من الدرجة المحددة ، وكذلك تسخن المواد الدسمة إلى درجة حرارة المحلول القلوي نفسها ومن ثم ينقل كل منهما وحده إلى وعاء التصبين بواسطة مضخات أوتوماتيكية . حيث يتم ضبط كمية المحلول القلوي بجهاز تحكم خاص، ويسير تفاعل التصبين في الوعاء بزمان محدد بدقة، ثم يؤخذ الصابون إلى قسم الغسيل ، وتتم عملية غسل الصابون باستخدام محلول ملحي عدة مرات .

ويؤخذ المحلول الملحي الناتج من عملية الغسيل إلى قسم المعالجة لاستخلاص الجليسرين، ويساق بعد ذلك الصابون إلى وعاء التجهيز، حيث يتم فصل الصابون عن الشوائب المرافقة فنحصل بذلك على صابون عالي النقاوة .

### صناعة الصابون بالطريقة الباردة :

هذه الطريقة لا تحتاج إلى التسخين ، وإنما يكتفى فيها بعملية مزج المواد الدسمة مع محلول مركز لماءات الصوديوم والتحرك الشديد والمستمر ثماني ساعات حتى التأكد من تمام عملية التصبين .

ثم يؤخذ الصابون ويصب بقوالب مناسبة، حيث نحصل على صابون رديء النوعية يستخدم لغسل الملابس فقط، كونه يحوي جميع الجليسرين والشوائب المرافقة، وغالبًا ما يضاف إلى هذا النوع من الصابون مواد أخرى تجعله أكثر قلوية، مثل: سيليكات الصوديوم، وكربونات الصوديوم .

## صناعة بعض الأنواع الأخرى من الصابون :

### أولاً : صناعة صابون الزينة (التواليت) :

يملك هذا النوع من الصابون صفات أساسية عدة منها: قابليته الجيدة للانحلال بالماء ، ويكون هذا الصابون ذا رغوة وفيرة ، وغالبًا ما نجد هذا النوع من الصابون معطرًا وملونًا، بحيث يرغب الإنسان لغسل الجسم حيث يعطي رائحة زكية للجلد .

وتتم صناعة هذا النوع من الصابون من أجود المواد الدسمة مثل زيت جوز الهند وزيت الصوف (اللانولين) . وتتم العملية وفق ما مر بنا سابقًا حتى الحصول على عجينة الصابون . ثم نجفف الصابون حتى الوصول إلى رطوبة 15% تقريبًا .

ثم نمرر الصابون عبر أسطوانة تبريد دوارة لتعطي صابونًا صلبًا على شكل قشور وشرائح ، ومن ثم تساق هذه الشرائح للتجفيف باستخدام الهواء الساخن .

ويخلط الصابون المبشور مع مواد الإضافة مثل: مضادات التأكسد والعطور والمواد الملونة . وبعدئذ يخضع الصابون لعملية عجن بين سلسلة من الأسطوانات تدور بسرعات مختلفة حتى نحصل على عجينة متجانسة في اللون والمظهر .

## ثانيًا : صناعة الصابون السائل :

يصنع هذا النوع من الصابون باستخدام مواد دسمة نباتية مع ماءات البوتاسيوم ، ويتم في آخر عملية التصبين إضافة العطور والمواد الملونة. ويجب أن تتوافر في هذا الصابون صفات عدة منها: أن يرغى بسهولة، وألا يترك أي أثر كاو في اليدين، وألا يترك أية رائحة خاصة بعد الاستعمال .

## ثالثًا : صناعة صابون الحلاقة :

ينبغي أن يعطي صابون الحلاقة رغوة وفيرة وثابتة، لذلك يصنع من مواد دسمة نقية جدًا ، ويتم تصبين المواد الدسمة باستخدام مزيج من محلول ماءات البوتاسيوم، وماءات الصوديوم، ويحتوي هذا النوع من الصابون نسبة لا بأس بها من المواد المرطبة للبشرة بالإضافة إلى بعض المواد العطرية .

## رابعًا : صناعة الصابون الطبي :

يستخدم هذا الصابون للقضاء على بعض الأمراض الجلدية حيث يؤثر في الجراثيم ويطهر الألبسة والجلد منها ، وتضاف المواد المطهرة إلى عجينة الصابون قبل الصب في القوالب ، ومن أهم هذه المواد المطهرة : الكبريت، واليود، والكافور، والقطران .

\* \* \*

## الأسئلة

- 1- تكلم عن صناعة الصابون بصفة عامة موضحاً عملية التصبن، ومرآطها الثلاث مستعينا بالمعادلات للتوضيح .
- 2- اشرح شرحاً وافياً سرعة التصبن الجلسريدات الثلاثية .
- 3- بين آلية عمل الصابون من حيث، إنه منظف .
- 4- بين بالشرح الوافي المواد الأولية اللازمة لصناعة الصابون .
- 5- اكتب مذكرات وافية عن كل مما يأتي :
  - أ- الشحوم والدهون الحيوانية .
  - ب- الزيوت النباتية.
  - ج- نواتج تكرير البترول .
  - د- الزيوت البحرية.
  - هـ- المواد القلوية .
  - و- المواد المضافة.
- 6- وضح بالتفصيل عملية صناعة الصابون وفق الطريقة غير المستمرة، مبيناً التصبن، وفصل الصابون، وتنقيته، وتفرغته، وتجفيفه .
- 7- اشرح شرحاً وافياً عملية صناعة الصابون بالطريقة المستمرة .
- 8- وضح كيف يمكن صناعة الصابون بالطريقة الباردة .
- 9- بين بالشرح كيفية صناعة صابون الزينة، والصابون السائل، وصابون الحلاقة، والصابون الطبي .

\* \* \*





## الباب السابع

### صناعة المنظفات الصناعية

#### مقدمة :

المنظفات الصناعية مواد كيميائية حلت محل الصابون في كثير من المجالات ولاسيما في المنزل والمعمل . وتملك هذه المنظفات مواصفات تفوق مواصفات الصابون من حيث السرعة في التنظيف ، والعمل بها حتى في الماء العسر ، والقدرة على التنظيف في الماء البارد .

وبناءً على ذلك فالمنظفات الصناعية هي بدائل للصابون ولها البنية نفسها ، رأس قطبي وسلسلة غير قطبية ، وهي ذات قدرة أعلى على التنظيف، وقد وجد العلماء هذه الصفات جميعاً في المركبات السلفونية ، سواء أكانت ألكيلية، أم أروماتيكية المتصلة بسلاسل ألكيلية طويلة .

وتعود فعالية جميع المواد ذات الفعالية السطحية مثل: المنظفات، والصابون إلى خاصية تغيير خواص الطبقة السطحية الفاصلة بين طورين في حالة تماس مباشر وترتبط نهاية كل جزيئة من جزيئات مواد التنشيط بمجموعة شغوفة بالماء أي: هيدروفيلية .

بينما ترتبط النهاية الثانية للجزيئة بمجموعة كارهة للماء، أي: هيدروفوبية وتقوم المنظفات بجميع المركبات بهذه الفعالية الخاصة التي تسبب إزالة الأوساخ وتنتمي إلى المنظفات الصناعية في

الوقت الحاضر مواد كثيرة منها : المواد الفعالة سطحياً والمذيبات العضوية والمبيضات الصباغية .

### المواد الفعالة سطحياً :

تقسم هذه المواد إلى ثلاثة أنواع بحسب شحنة الأيون الفعالة فيها وهي :

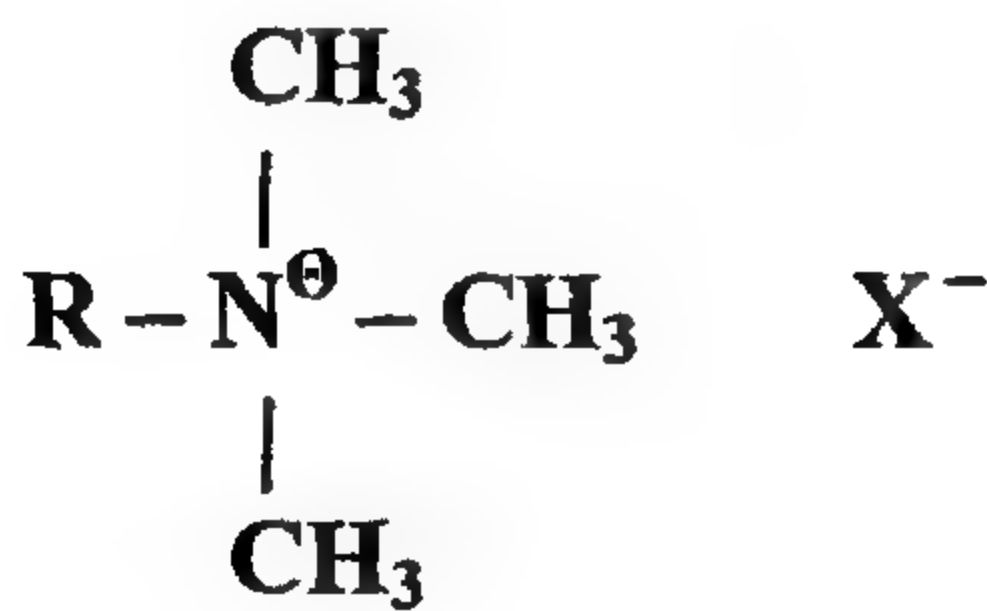
- أ- المنظفات ذات الشحنة الأيونية الموجبة .
- ب- المنظفات ذات الشحنة الأيونية السالبة .
- ج- المنظفات غير الأيونية .

وفيما يأتي فكرة عامة عن كل نوع من الأنواع السابقة :

#### أ- المواد ذات الشحنة الأيونية الموجبة :

تكون أغلب أملاح الأمونيوم الرباعية ذات بنية مشابهة للبنيات الآتية :

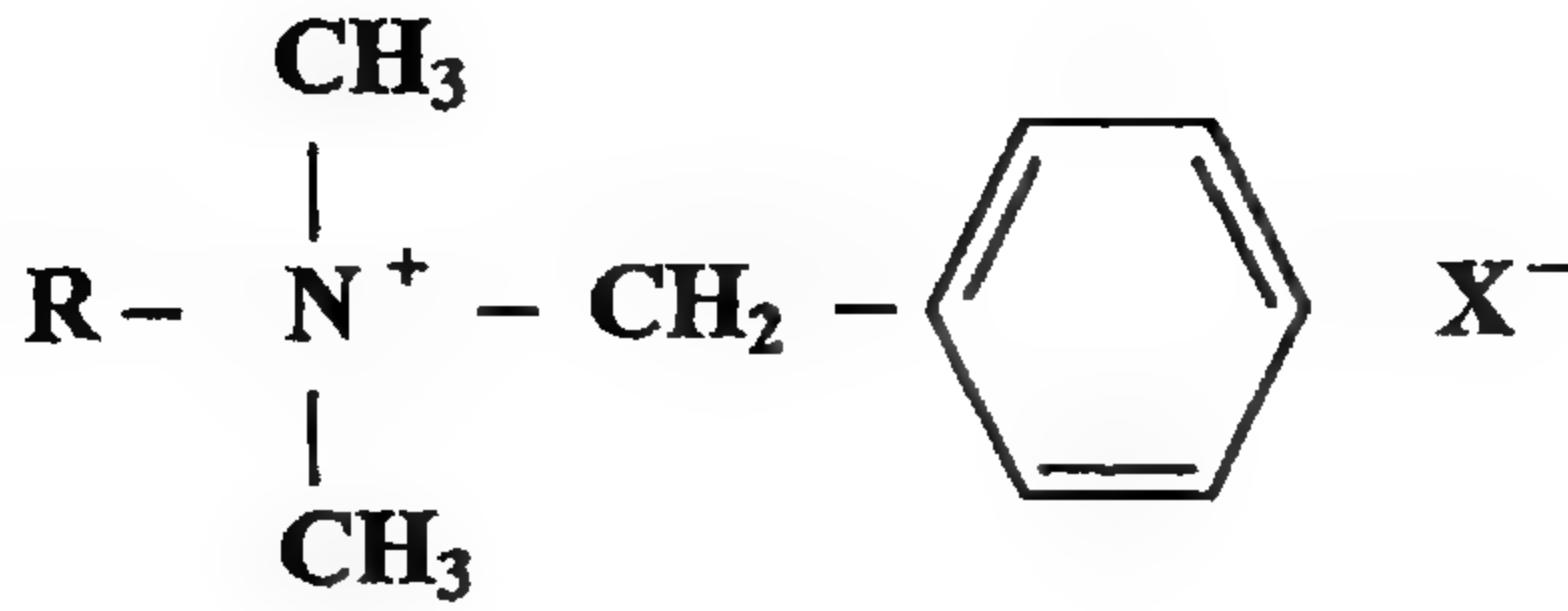
أملاح ألكيل ثلاثي مثيل الأمونيوم :



أملاح ألكيل البيريدينوم



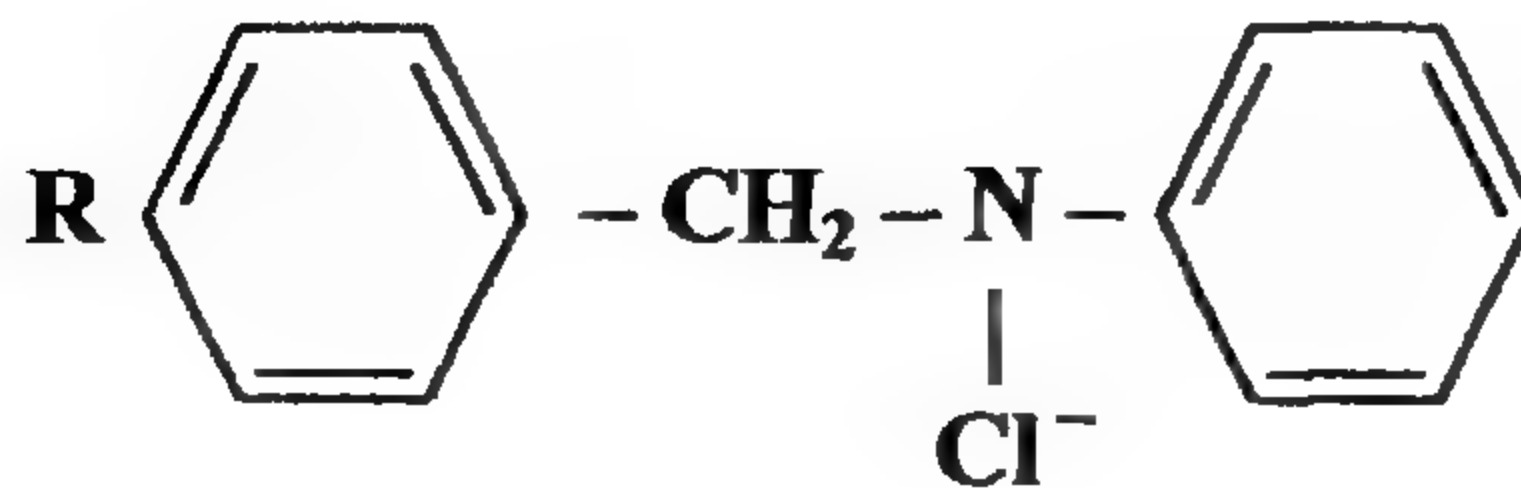
## أملاح ألكيل بنزyl ثنائي مثيل الأمونيوم



حيث تمثل R جذر السلسلة الهيدروفوبية الطويلة وتكون R عادة مشتقة من الأحماض الدهنية : لوريل أو ستيريل أو ميريسيتيل ، وتنوب أملاح الأمونيوم الرباعية في الأوساط الحمضية والقلوية والمعتدلة ، وأفضل الأوساط لعملها هو الوسط الحمضي .

ونجد أنه ليس لهذه الأملاح أي تأثير سام أو مهيج في الجلد عندما يكون تركيزها منخفض، ولكن عندما تكون بتركيز عال ينبغي عندئذ أخذ الحيلة عند الاستعمال ، بالإضافة إلى استخدامها كمواد فعالة في صناعة المنظفات .

ولقد جرى استخدامها بشكل رئيسي كمبيدات للبكتريا والجراثيم، حيث تملك القدرة على قتل البكتريا في الوسط الحمضي، وبذلك تتمكن أملاح الأمونيوم من إبادة البكتريا في المجاري، ومن أهم مركبات هذه المجموعة ألكيل بنزyl بيريدين كلوريد :



R - جذر ألكيلي يحتوي C<sub>6</sub> → C<sub>8</sub>

## ب- المواد ذات الشحنة الأيونية السالبة :

إن مواد هذه المجموعة هي الأوسع انتشاراً من باقي المجموعات وهي تشبه الصابون العادي في بينتها العامة حيث تتميز باحتوائها مجموعة سلفونية سالبة مرتبطة بذرة الصوديوم الموجبة .

وتتصل المجموعة السلفونية بسلسلة برفينية أو عطرية مؤكّله وتعطي هذه المجموعة عند حلها في الماء الأيون  $R-SO_3^-$  ، والوسط المفضل لعمل هذه المجموعات هو الوسط القلوي .

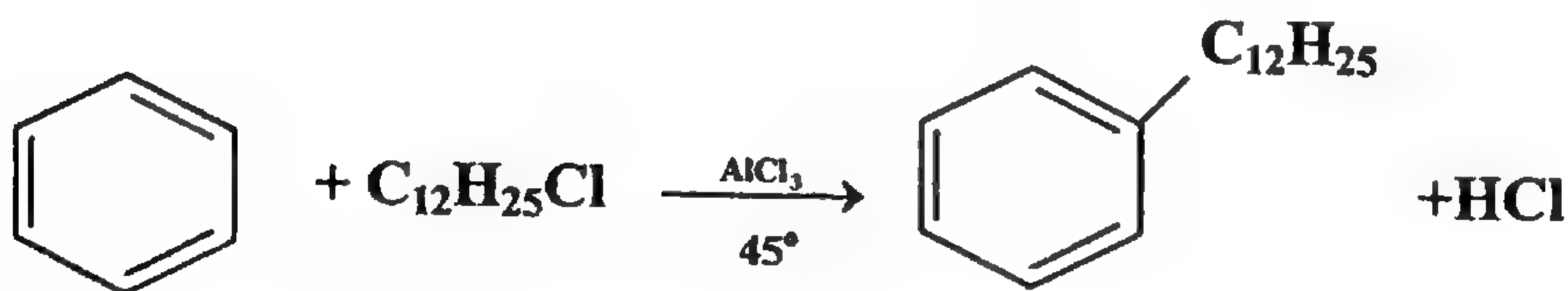
### صناعة الدوديسيل بنزن سلفونات :

#### (1) تحضير سلسلة الدوديكان :

يتم تحضير سلسلة الدوديكان بإجراء عملية تماثل لجزيئات أربعة من البروبيلين ويطلق على السلسلة الناتجة اسم الدوديسيل .

#### (2) أكلة البنزول بسلسلة الدوديكان :

تحدث الأكلة باستخدام مشتق هالوجيني للدوديسيل وبوجود وسيط فريدل - كرافت ( $AlCl_3$ ) ، ويتم التفاعل وفق ما يأتي :

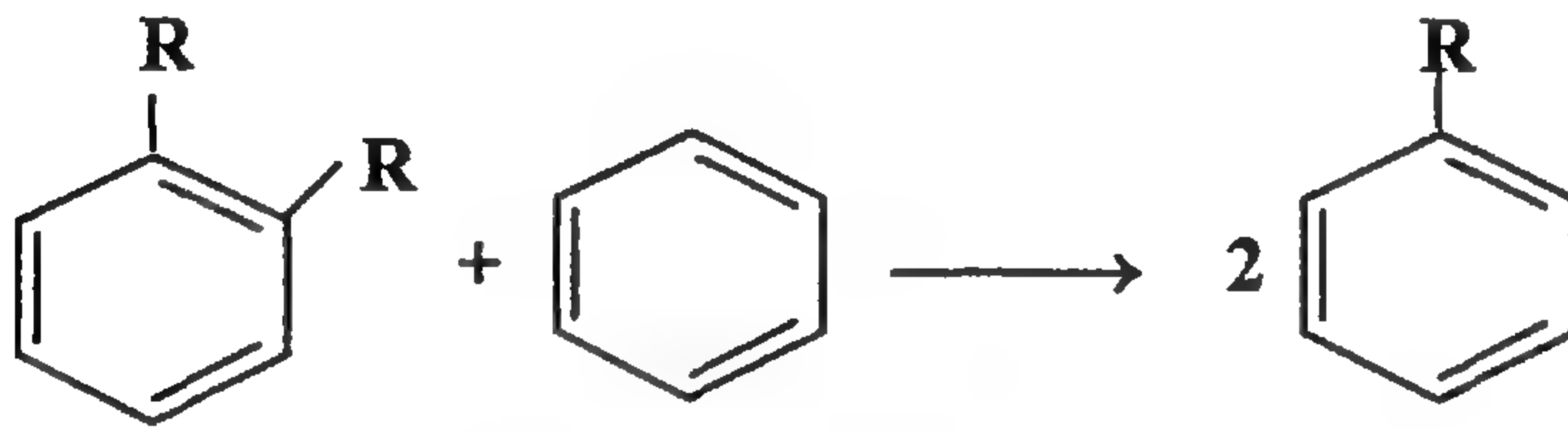


ويتم التفاعل السابق بمزج 300 جزء من أحادي كلور الدوديكان، و 600 جزء من البترول بدرجة حرارة الغرفة وبوجود 27 جزءاً من كلوريد الألمنيوم ( $AlCl_3$ ) ويحرك المزيج خمس ساعات مع المحافظة على درجة الحرارة بحدود 45 م° ؛ لأن التفاعل السابق طارد للحرارة .



ويجري التفاعل باستخدام مفاعل أنبوبي يبرد من الخارج باستخدام الماء . فارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى حدوث تفاعلات ثانوية غير مرغوب بها ، ويتم التفاعل السابق تحت الضغط الجوي العادي وتُدوم مدة التفاعل حوالي 80 دقيقة حيث يصل مردود التفاعل إلى 80% تقريبًا

بالإضافة إلى التفاعل الرئيسي لإنتاج دوديسيل البنزن تحدث تفاعلات ثانوية تتشكل بنتيجتها مركبات هيدروكربونية ثقيلة مثل ثنائي ألكيل بنزن ؛ لذلك نجد أن هدف استخدام كمية زائدة من البترول في التفاعل هو الحد من تشكيل مثل هذه المركبات الهيدروكربونية كما يلي :

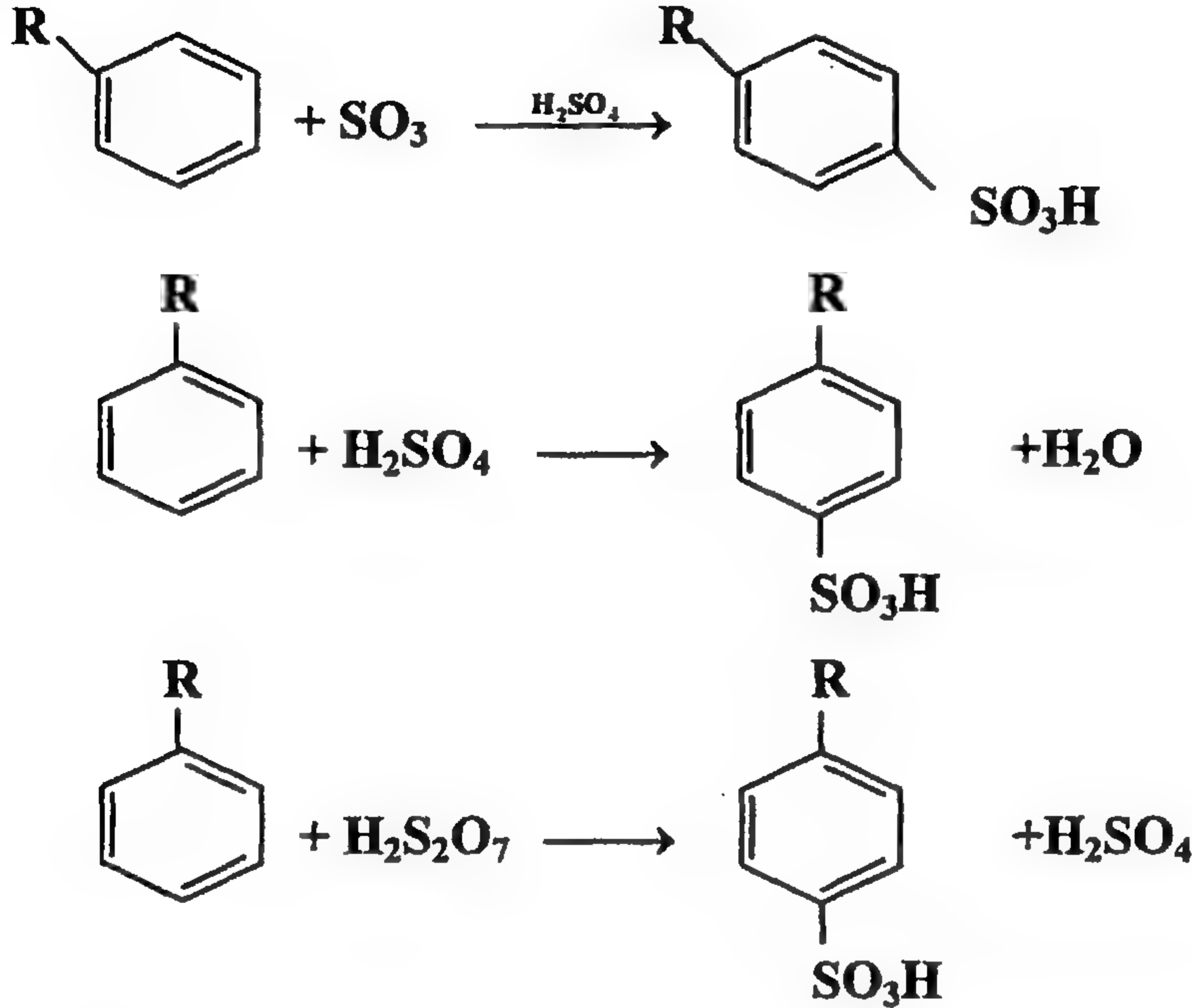


وبعد إتمام التفاعل يترك المزيج الناتج مدة من الزمن من أجل ترسب الوسيط ، ثم يغسل الدوديسيل بنزن بحمض كلوريد الماء ثم بالماء من أجل التخلص من آثار الوسيط الباقية ، بعد ذلك يجفف الدوديسيل بنزن .

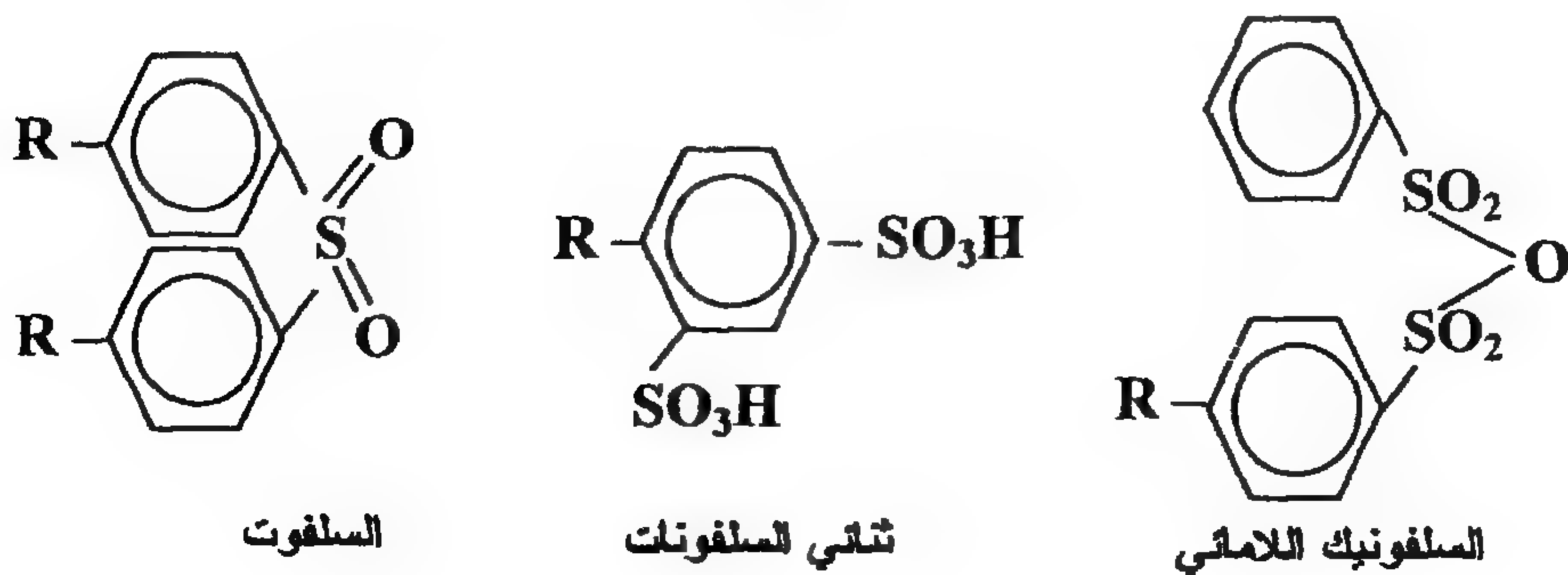
ومن ثم يؤخذ إلى عدة أبراج لفصل البنزين والمركبات قصيرة السلسلة غير المتفاعلة بالتقطير ، ثم نعيد عملية التقطير ثانية تحت الضغط المخفف بحيث تكون منتجات الأكللة حاوية سلاسل طولها ما بين  $\text{C}_{12}$  -  $\text{C}_{18}$  .

### (3) مرحلة السلفنة :

يمكن أن تتم سلفنة بوبنيل البنزن بحمض الكبريت أو غاز ثلاثي أكسيد الكبريت وتفاعلات السلفنة طاردة للحرارة ويفضل دائماً استخدام غاز  $SO_3$  من أجل إتمام تفاعل السلفنة وتتضمن مجموعة السلفونيك إلى الموقع باراً في الحلقة العطرية المؤكدة كما يلي :



بالإضافة إلى التفاعل الرئيسي يحصل بعض التفاعلات الثانوية التي تؤدي إلى تشكل السلفون وثنائي السلفونات والسلفونيك اللامائي :



إن عملية السلفنة هي استبدال إلكتروفيلى على الحلقة العطرية ، وهذا يعني أن سلسلة الدويكان بفعلها التحريضي المانح للإلكترونات توجه المجموعة السلفونية نحو الموقعين بارا وأورثو مع تشكل نسبة قليلة جدًا من المماكب ميتا .

وكذلك يلعب عامل الإعاقة الفراغية لسلسلة الدويكان دوره أيضًا ليوجه دخول المجموعة السلفونية نحو الموقع بارا من حيث هو موضع مفضل تحريضيًا وفراغيًا .

#### (4) مرحلة التعديل :

تتم هذه المرحلة بمفاعلة دويسيل بنزن حمض السلفونيك مع كمية محسوبة من محلول ماءات الصوديوم 25% ، ويكون التفاعل طاردًا للحرارة؛ لذلك يتم تجهيز المفاعل بقميص تبريد مع وجود خلط لتأمين مزج المواد جيدًا .

#### (5) مرحلة التجفيف :

نأخذ نواتج التعادل على شكل مستحلب إلى أعلى برج التجفيف، حيث يتم بخ هذا المستحلب على شكل رذاذ باستخدام هواء ساخن قادم من أسفل برج التجفيف .

ثم تسحب حبيبات المنظف من أسفل البرج عبر حزام ناقل وتعبأ في أكياس من النايلون ، وتغلق هذه الأكياس جيدًا من أجل منع تأثر حبيبات المنظف برطوبة الهواء .

## صناعة سلفونات الألكيل :

يحضر هذا النوع من المنظفات ذات الشحنة السالبة من تفاعل البرافينات وغاز ثاني أكسيد الكبريت ومن ثم غاز الكلور، حيث يتشكل سلفوكلوريد الألكيل، ويفاعل الناتج مع ماءات الصوديوم ليعطي ألكيل سلفونات الصوديوم .

وتستعمل من أجل هذا التفاعل قطفة برفينية تحتوي ما بين (12 و 18) ذرة كربون تتراوح درجة غليانها ما بين / 240 و 320°م . ويعبر عن التفاعل بالمعادلة الآتية :

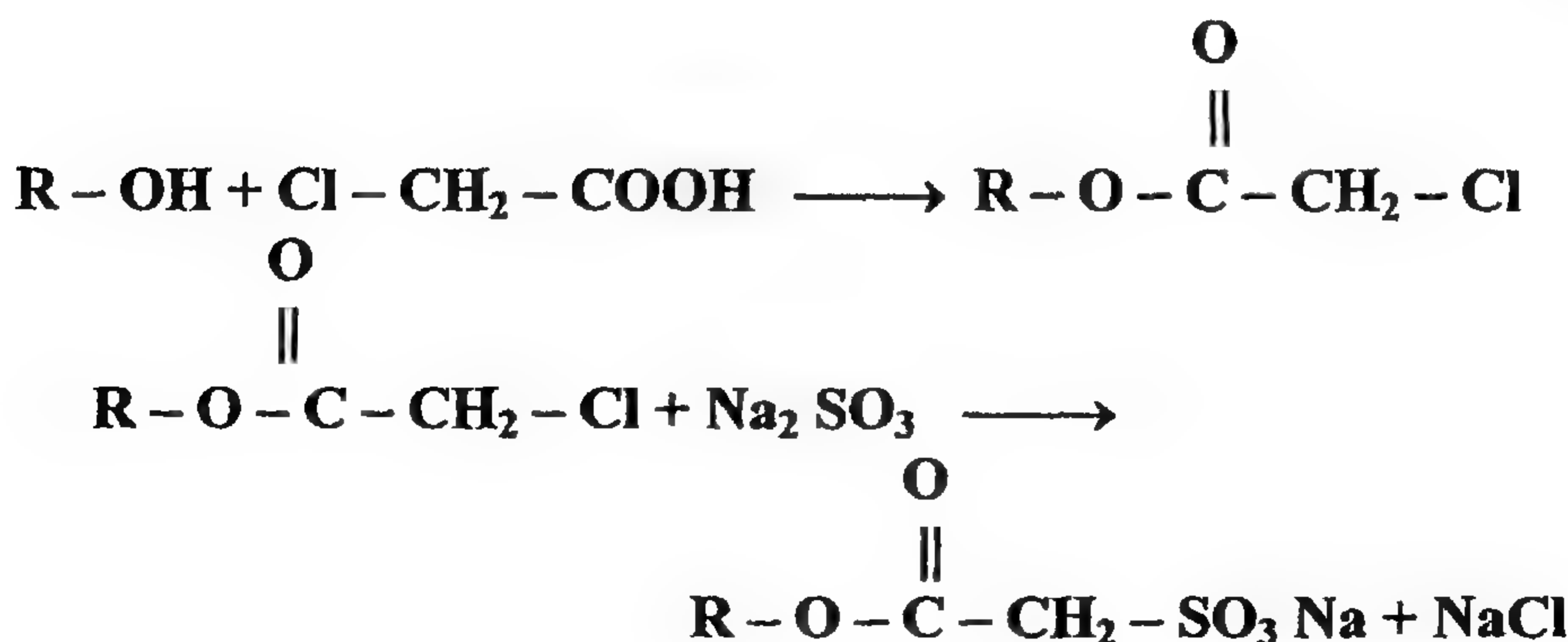


ويتفاعل سلفو ألكيل كلوريد مع ماءات الصوديوم من أجل إعطاء المنظف ألكيل سلفونات الصوديوم .



## صناعة سلفو أسيتات :

يتم تحضير هذا النوع من تفاعل الكحولات الدهنية وأحادي كلور حمض الخليك ، ثم يفاعل الناتج مع كبريتيت الصوديوم (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) بحسب المعادلات الآتية :



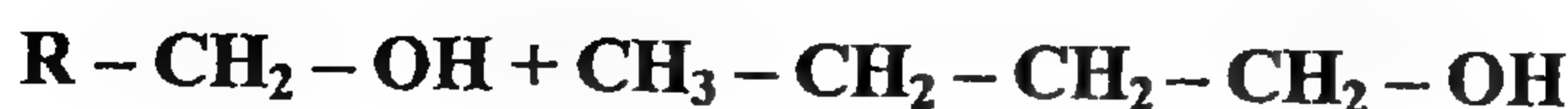
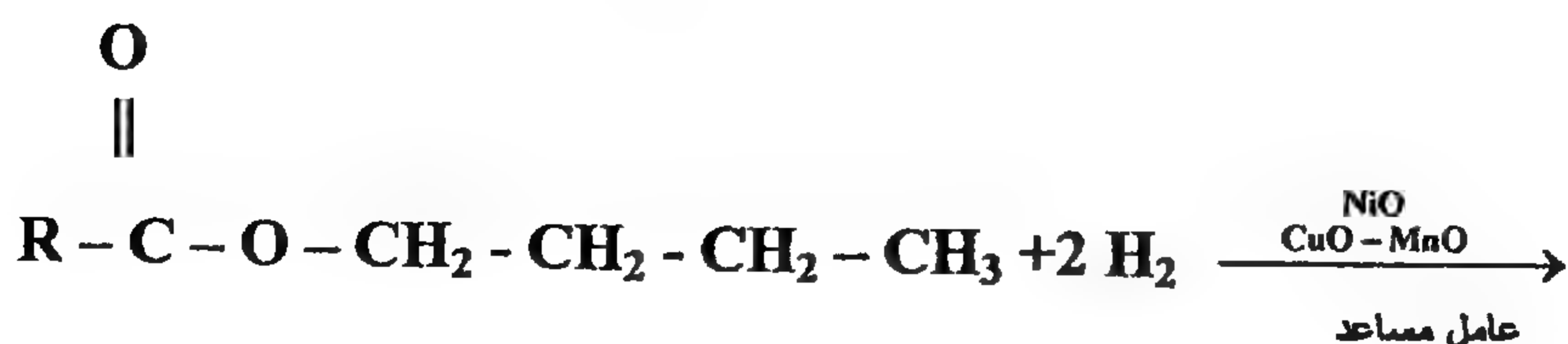
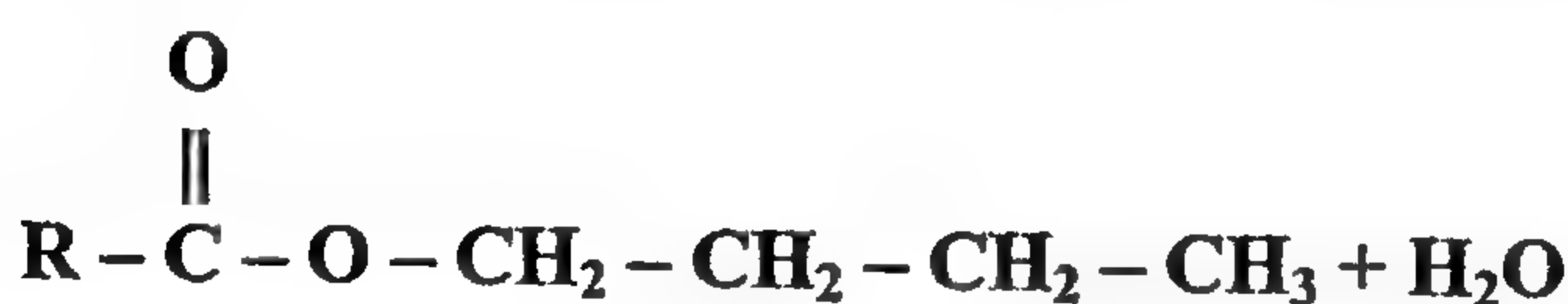
وتستخدم في أغلب الأحوال الكحولات الحاوية (12) ذرة كربون .  
ويستخدم سلفواسيتات الصوديوم في صناعة الشامبو .

### صناعة سلفات الألكيل :

تحضر سلفات (كبريتات) الألكيل من تفاعل الكحولات الدسمة الحاوية ما بين (12 و 18) ذرة كربون وحمض الكبريتيك ، ثم معالجة الناتج بكربونات الصوديوم أو ماءات الصوديوم :



أما الكحولات الدهنية فيجري تصنيعها من الأحماض الدهنية، وذلك بتحويلها إلى أسترات البوتيل الفلزي، ثم ترجع الأسترات بالهيدروجين بوجود أكاسيد النحاس والمنجنيز والنيكل، من حيث هي عوامل مساعدة وتحت ضغط مرتفع بدرجة حرارة 240°م :





وتوجد سلفات الألكيل؛ إما على شكل سائل كثيف بتركيز 35%، أو على شكل حبيبات بعد مفاعلتها وكربونات الصوديوم أو ماءات الصوديوم .

### ج- المواد (المنظفات) غير الأمونية :

لا تعطي هذه المجموعة عند حلها بالماء أية أيونات موجبة أو سالبة، لذلك يمكنها أن تمتزج بأي من المجموعتين السابقتين؛ لأنها لا ترتبط بمفعولها؛ سواءً أكان الوسط حمضيًا، أم قلويًا . وتملك هذه المجموعة ميزة إزالة الدهون والزيوت والأوساخ بسهولة ، وهي تملك طاقة تنظيفية عالية برغم قلة الرغبة الصادرة عنها .

لذلك فهي تفضل كثيرًا لصنع مساحيق الغسالات الآلية التي تتميز بأنها تتظف ولا ترغي ، وتتصف هذه المركبات بقابليتها للذوبان في الماء بسهولة وهذا عائد إلى قابلية تشكيل روابط هيدروجينية بين ذرات الأكسجين ومجموعات الهيدروكسيل .

وتحضر مثل هذه المركبات من تفاعل الكحولات الدهنية أو ألكيلات الفينول أو الأميدات وأكسيد الأثيلين . وفيما يأتي بعض الأنواع المهمة من هذه المجموعة :

#### 1- ألكيل - بولي أثيلين جليكول :

يتم تحضير هذا النوع من تفاعل الكحولات الحاوية ما بين (12 و 18) ذرة كربون وأكسيد الأثيلين بحيث يبلغ عدد وحدات أكسيد الأثيلين 25 وحدة تقريبًا .

## 2- بولي أكسي أثيلين أكيل أمين :

يحضر هذا النوع من مفاعلة الأمينات الأولية أو الثانوية وأكسيد الأثيلين، ويمتلك هذا النوع صفات كاتيونية، ولكن وجود عدد كبير من وحدات أكسيد الأثيلين في السلسلة يعطيها الصفة غير الأيونية :

وتمتلك هذه المركبات غير الأيونية عدة خواص ، فهي لا تتأثر بوجود أيونات الكالسيوم أو المغنسيوم أو الحديد . وهي غالبًا ما تكون سائلة أو شمعية الملمس .

## 3- المذيبات العضوية :

تعد المذيبات العضوية من المواد المهمة المستعملة في التنظيف ، وتتضمن هذه المواد الهيدروكربونات ومشتقاتها الكلورية والمفلورة والكيثونات والأثيرات والكحولات ، ويمكن أن تستعمل خلائط من تلك المواد مثل: الأثير البترولي والتربنتين وخلائط الكحولات والأثيرات .

ويجب أن تتميز المذيبات المستعملة بمواصفات عدة منها : أن تملك القدرة على التنظيف ، وألا تلحق أي أذى بالمادة المراد تنظيفها ، وأن تكون غير سامة ، وصعبة الانفجار ، وغير قابلة للتبخر سريعًا .

## 4- المبيضات الصباغية :

تعد المبيضات الصباغية جزءًا ضروريًا من المنظفات الصناعية . وهي أصبغة مباشرة بيضاء أو زرقاء، ويتلخص تأثيرها في تحويل الأشعة اللا مرئية قصيرة الأمواج إلى أشعة مرئية .

وبذلك يتحول النسيج المصفر بفعل هذه المواد إلى نسيج أكثر نضاعة وبياضاً ، ومن أهم هذه الأنواع : المبيضات الفلورسينية وهي أصبغة تستعمل لإعطاء المواد غير المصبوغة مثل : النسيج والورق نضاعة وبياضاً .

كما أن وجود المبيضات الضوئية في أثناء عملية التنظيف يؤدي إلى امتصاص الجزء الأدنى من الأشعة ما فوق البنفسجية وتحويلها إلى أشعة مرئية ذات أمواج قصيرة أي: إلى تلك الأشعة التي يمكن امتصاصها من قبل الأجسام البيض المصفرة .

ومن أهم المواد المستعملة مبيضات ضوئية نذكر نواتج أسئلة أحماض ثنائي أمينو ستيلبين سلفونيك سيانوركلوريد ، حيث يستبدل الكلور بجذور مختلفة .

### صناعة محضرات الغسيل :

وتتكون من المواد الفعالة سطحياً مضافاً إليها المواد الآتية :

#### (1) المواد المقوية :

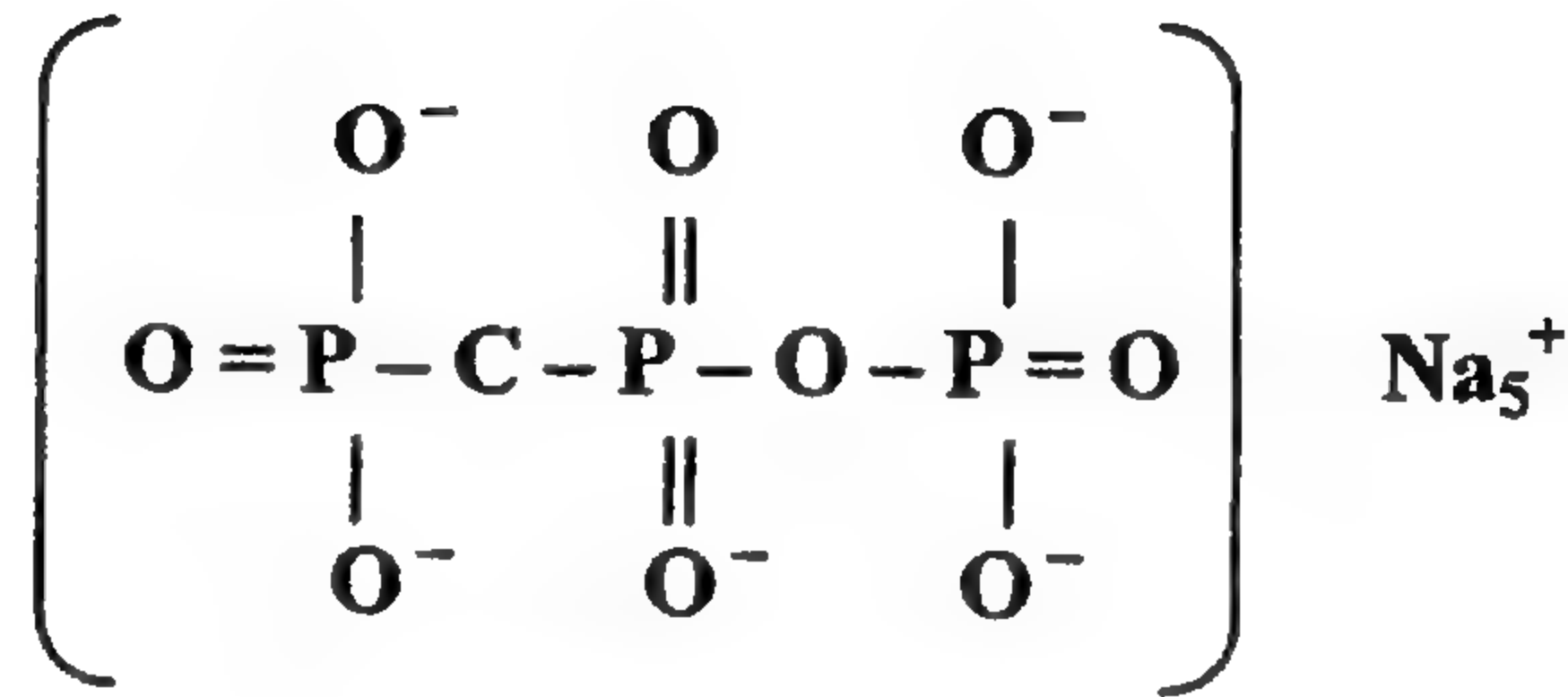
وهي المواد التي تزيد من فعالية المنظف بزيادة قدرته على التنظيف وإزالة الأوساخ التي تقلل من مفعول الكالسيوم والماغنسيوم ومن أهم هذه المواد :

#### أ- بيروفسفات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) :

ترفع هذه المادة من فعالية المنظف كونها تزيل عسرة المياه أولاً، وتملك فعلاً قاصراً ثانياً، حيث تستطيع أن تمنح الأكسجين الذي تحمله .

ب- تري بولي فوسفات الصوديوم ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) :

تسهم هذه المادة، في رفع القدرة التنظيفية بحملها الهلابة المنظفة التي سوف يجرفها الماء، وكذلك تساعد في عزل أيونات الكالسيوم والماغنسيوم بتشكيل معقدات منحلة لا تترسب على النسيج في أثناء عملية الغسيل وتضاف إلى المنظف بنسبة 15% :



تري بولي فوسفات

(2) المواد المانعة لإعادة ترسب الأوساخ على الألبسة :

وأهمها كربوكسي مثيل السيللوز (CMC) أو مادة (التيلوز) . وتكمن أهمية هذه المواد في تشكيل هلامة حول المادة الملوثة ليصار إلى جرفها بالماء ، ولكن هذه المواد لا تستطيع بعثرة الملوثات ؛ لذلك فإن عملها يترافق وعمل المادة المنظفة وتضاف هذه المواد إلى المنظف بنسبة 3% .

(3) المواد المانعة للصدأ :

ومن أهم هذه المواد سيليكات الصوديوم (الماء الزجاجي)  $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$  ، حيث تعطي للمنظف خواص مرغوب بها ؛ إذ تعمل كمواد مضادة للصدأ . على حين أن المادة المنظفة تؤدي إلى تآكل المعادن ، فيما تسعى سيليكات الصوديوم لإزالة هذا الصدأ إلى حد كبير .

وكذلك تساعد هذه المواد على تشكيل الرغوة ، وهناك بعض المركبات العضوية التي تملك الخاصة نفسها مثل استيريات الأحماض الفوسفورية والسلفون أميد ( $\text{SO}_2\text{NH}_2$  - ) وتضاف هذه المواد بنسبة 10% تقريبًا.

#### (4) منظمات الإرغاء :

تضاف هذه المواد التي تملك خواص الفاعلية السطحية كمنظمة وضابطة للرغوة . فهي بذلك تثبت الرغوة وتمنع المنظف من إزالة دهن الجلد لذلك يبقى الجلد ناعمًا بعد الغسيل وتستهمل، هذه المواد أيضًا لزيادة لزوجة الشامبو والسوائل المنظفة، ومن أهم هذه المواد ألكيتول أميد الأحماض الدهنية (ديهيتون K) ولوريل إيثانول أميد .



لوريل إيثانول أميد

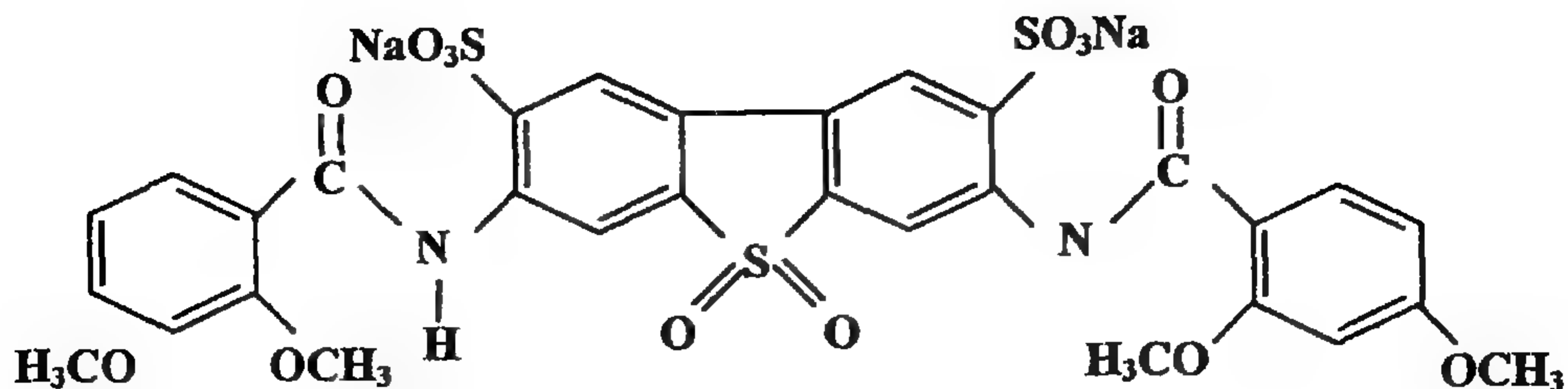
وتضاف هذه المواد بنسبة 3% تقريبًا .

#### (5) المواد المبيضة :

تضاف من أجل جعل الغسيل الأبيض ناصع البياض، ومن ثم فهي تحسن مظهر بياض الأقمشة ، ومن أهم هذه المواد ، مادة بربورات الصوديوم  $\text{Na BO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ويظهر تأثير هذه المادة في المحاليل الساخنة، حيث تتفكك وتعطي الأكسجين الوليد الذي يعمل على قصر الألوان .

#### (6) المبيضات الصباغية :

تضاف أحيانًا بعض الأصبغة العضوية التي تملك صفة التفلور وتعطي النسيج فيما بعد هيئة لامعة ، وذلك لقابليتها تحويل الأشعة فوق البنفسجية إلى أشعة مرئية ، ومن أهم المبيضات المستعملة هي :



### (7) المواد المعطرة :

تجرى إضافة العطور إلى المنظفات في نهاية عملية التصنيع . وتستهلك صناعة المنظفات والصابون كميات لا بأس بها من العطور . وعند اختيار العطر المناسب يجب التنبيه إلى عدة أمور منها لون المنتج . فإذا كان لون المنظف أصفرًا ، فيجدر بنا في هذه الحالة أن نضيف عطر الليمون ، أما إذا كان لون المنظف بنفسجيًا أو أزرقًا فيستحسن في هذه الحالة إضافة عطر البنفسج .

### (8) المواد الطبية :

يضاف أحياناً بعض المواد الطبية والعقاقير إلى الصابون أو الشامبو حيث تعطي هذه المواد أثراً علاجياً وطيباً مثل دهن الصوف (اللانولين) من أجل تطرية الشعر والجلد . أو إضافة الليستين من أجل تغذية بصللة الشعر . وأحياناً تتم إضافة بعض المواد الطبية المطهرة مثل: الفينول، والكبريت، والفورمالدهيد لمعالجة بعض الفطريات وأمراض الجلد .

### (9) صناعة الشامبو :

يعد الشامبو من المنظفات حديثة الوجود التي اتخذت مكانها في الأسواق بسرعة كبيرة . وبدأ الشامبو يحل محل الصابون تدريجياً حيث يعطي للجسم أثراً لطيفاً ولشعر نعومة ورونقاً جميلاً .



ولا يتأثر الشامبو بالمياه المستعملة على الإطلاق، ولا سيما المياه العسرة التي تحوي أيونات الكالسيوم والماغنسيوم . والشامبو يرغى ويذوب في المياه الساخنة والباردة وهذا عائد إلى قوته التنظيفية .

وتتراوح نسبة المواد المنظفة الفعالة في الشامبو ما بين 15 و30% حيث تتعلق النسبة السابقة باللزوجة وبالسعر المرغوب به . ويجدر بنا في هذا المجال أن نتطرق إلى مادة مهمة تضاف إلى الشامبو والمنظفات الأخرى هي كلوريد الصوديوم فقد وجد أن إضافة كلوريد الصوديوم بنسبة تتراوح ما بين 3 و5 تسبب زيادة في لزوجة المنظف زيادة ملحوظة .

ويفضل أن نضيف للشامبو عند تحضيره بعض المواد الحافظة مثل: المحلول المائي للفورمالدهيد من أجل منع فساد الشامبو ، أو مادة بنزوات الصوديوم وذلك من حيث هي مواد حافظة .

ويجوز في صناعة الشامبو أن نخلط عدة مواد فعالة مع بعضها بعضاً مع العلم أنه لا يجوز على الإطلاق خلط مادة فعالة أنيونية مع مادة فعالة كاتيونية لاختلاف الشحن، وبذلك تعطل إحدى المواد المادة الأخرى .

\* \* \*

## • الأسئلة •

- 1- ما هي المواد التي تنتمي في الوقت الحاضر إلى المنظفات الصناعية ؟ تحدث عنها موجزًا .
- 2- تحدث عن أقسام المواد الفعالة سطحياً والمستخدمه في صناعة المنظفات الصناعية .
- 3- كيف يصنع الدوديسيل بنزن سلفونات ؟ وإلى أي نوع من المنظفات ينتمي ؟
- 4- تكلم عن صناعة سلفونات الألكيل وسلفانات الألكيل .
- 5- اشرح كل ما تعرفه عن المبيضات الضوئية المستخدمة في صناعة المنظفات .
- 6- تحدث عن المنظفات غير الأيونية . واذكر مجموعة منها واطرحها .
- 7- ما المواد المضافة إلى المواد الفعالة سطحياً لتصنيع محضرات الغسيل . عدّها واطرحها مفصلة
- 8- كيف يمكن صناعة (تحضير) الشامبو ؟ واذكر أهم أنواعه .
- 9- اذكر وصفة وتركيب كل نوع من أنواع الشامبو .
- 10- كيف يتم تحضير المسحوق المنظف مع ذكر وصفة له ؟
- 11- كيف يمكن تحضير معاجين التنظيف مع ذكر وصفة لها ؟

12- تكلم عن كيفية تحضير السوائل المنظفة مع ذكر وصفة تركيب لها . وبين كيف يمكن منع تجمد السائل في فصل الشتاء ؟

\* \* \*

## الباب الثامن

### صناعة الروائح العطرية

#### مقدمة :

استعمل الإنسان العطور منذ سبعة آلاف سنة . ومع مرور الزمن تطورت صناعة العطور فأصبحت تلائم كل عصر ، فمنذ أقدم العصور استخدم البخور من أجل التقرب إلى الآلهة ، وما زالت هذه الطريقة تستخدم حتى الآن عند بعض الطوائف .

وقد سيطر العرب سيطرة واسعة علي صناعة العطور ، فقد كان العرب يستوردون المواد الأولية من الهند وجنوب آسيا ، ويقومون بتصنيعها ومن ثم يصدرونها إلى أوروبا وأفريقيا ، وبقيت صناعة العطور من الأسرار التجارية عند العرب قروناً عدة .

ومن أهم الاكتشافات التي قام بها العالم العربي ابن سينا ، اكتشافه طريقة لتقطير ماء الورد من أجل استخلاص روح العطر أي: الزيت العطري، وبدأت صناعة العطور تتقدم وتتطور تقدماً وتطوراً واسعين .

وتوسع الإنسان في استخلاص مشتقات هذه الصناعة، حيث انتقل منها إلى صناعة مستحضرات التجميل، وأخذت تحمل هذه المستحضرات أسماء شتى.

ولا تحتاج صناعة العطور ومستحضرات التجميل في الحقيقة إلى آلات وأجهزة ضخمة ولكنها تحتاج إلى ذوق وفن وإحساس مرهف، ولاسيما نحو المركبات التي يتم خلطها وتصنيعها للحصول على الروائح

العطرية المطلوبة . وتعرف العطور بأنها مواد كيميائية تؤثر في حاسة الشم عند الإنسان مما يؤدي إلى انتعاش النفس البشرية بها .

### خواص الزيوت العطرية :

الزيوت العطرية مركبات كيميائية تملك رائحة ذكية ، وسميت بالزيوت لأنها تشبه الشحوم والزيوت النباتية بالأثر الذي تتركه في قطعة من الورق وتشبه الزيوت العطرية الزيوت الأخرى في كثير من الصفات مثل: انحلالها التام في الكحولات والأثيرات والكلورفورم، وهي لا تذوب في الماء ، وعند تعرض الزيوت العطرية للهواء أو للضوء، يتغير لونها وتزداد لزوجتها وتسوء رائحتها وبذلك نقول : إن هذه الزيوت قد تزنجت .

### مصادر الزيوت العطرية :

تقسم مصادر الزيوت العطرية إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

أ- زيوت ذات منشأ حيواني .

ب- زيوت ذات منشأ نباتي .

ج- زيوت ذات منشأ صناعي .

وتسمى الزيوت العطرية المستخرجة من النباتات أو الحيوانات بالزيوت العطرية الطبيعية ، أما الروائح العطرية المستخلصة صناعيًا ، فتسمى بالزيوت العطرية الصناعية ، وفيما يأتي شرح مبسط لكل نوع على حده .

### أولاً : الزيوت العطرية ذات المنشأ الحيواني :

تعد الزيوت العطرية ذات المنشأ الحيواني من أقدم العطور التي استعملها الإنسان ، وتتميز هذه الزيوت بروائحها العطرة والمحبة إلى النفس البشرية . وتستعمل أغلب الزيوت العطرية

ذات المنشأ الحيواني الآن في تثبيت الروائح النباتية ، وفيما يلي أهم أنواع هذه الزيوت :

#### أ- المسك :

يستخلص المسك من إفراز حيوان يسمى غزال المسك ويعد المسك من أقدم العطور المعروفة . والموطن الأصلي لغزال المسك هضبة التبت . وهذا الحيوان يحب العزلة ، ويتم استخراج المسك منه عن طريق ذبحه . وانتشال الغدة المسكية وتجفيفها تحت أشعة الشمس من أجل إظهار رائحة المسك الحقيقية ويستعمل المسك حاليًا في تعطير الصابون وبعض الأنواع من الزيوت العطرية النباتية ، والمسك الطبيعي يذوب في الماء ، وقد تمكن العلماء حاليًا من تحضير المسك صناعيًا ، ولكنه أقل جودة من المسك الطبيعي .

#### ب- العنبر :

يستخلص زيت العنبر من معدة حوت العنبر ، والعنبر لا يذوب في الماء ، وإنما يذوب في المذيبات العضوية مثل : الكحول الأيثلي وثنائي مثيل أيثر . ويملك العنبر رائحة قوية لا تزول بسهولة .

لذلك يستعمل العنبر مثبتًا لبعض أنواع العطور الممتازة وحاليًا يحضر العنبر صناعيًا ، ولكن رائحته تختلف عن رائحة العنبر الطبيعي ، كما أنه أقل جودة منه .

#### ج- الكاستور :

الكاستور إفراز غدد حيوان مائي يطلق عليه اسم كلب البحر . وتوجد الغدد التي تحوي الكاستور في كل من الذكر والأنثى . حيث تؤخذ الغدد



وتعرض لأشعة الشمس وبذلك يتحول لون الإفراسات من سائل أبيض إلى سائل أحمر . ويتصف الكاستور بطعمه المر ، ويستعمل حالياً مثبتاً للروائح النباتية ولا يستعمل الكاستور إلا بعد تمديده بالكحول .

### ثانياً : الزيوت العطرية ذات المنشأ النباتي :

وهي التي تستخرج من النباتات . وتعد من أجود الزيوت العطرية وأنكاهها ، وتوجد الزيوت العطرية في أغلب أجزاء النبات . حيث توجد في بعض الأنواع من النباتات في الأزهار مثل الياسمين، وبعضها الآخر في الأوراق مثل النعناع، وغيرها في الثمار مثل قشر الليمون، أو في الجذور، مثل: العرقسوس، أو في البذور، مثل: اليانسون، أو في سيقان بعض النباتات، مثل: القرفة أو في جذوع الأشجار، مثل: خشب الصندل، وقد توجد في جميع أجزاء النبات، مثل: حشيشة الليمون .

وتتضمن المملكة النباتية عددًا كبيراً من الزيوت النباتية العطرية نذكر منها :

#### أ- زيت النعناع :

وهو من أشهر الزيوت العطرية المعروفة ، ويملك زيت النعناع رائحة لطيفة ومنعشة. ويستخرج من أوراق النعناع بالتقطير ، وإذا وضع زيت النعناع في أنبوب اختبار وأحيط بالثلج من جميع أطرافه، ترسبت بلورات صغيرة منه. ويطلق على هذه البلورات اسم المنتول .

ويمتاز المنتول بطعم النعناع المميز ويملك خواص مطهرة . ويستخدم زيت النعناع بكميات كبيرة في الصناعة ولا سيما في تحضير معاجين الأسنان والمشروبات الروحية وصناعة الأدوية .

## ب- زيت الياسمين :

وهو من أجود أنواع الزيوت العطرية . ويدخل زيت الياسمين في معظم مركبات الروائح العطرية . ويتم الحصول على زيت الياسمين بطريقة الاستخلاص بالمذيبات .

وزيت الياسمين عديم اللون وهو يملك رائحة عطرية منعشة للنفس البشرية وهو غالي الثمن . وتبلغ كثافته 1.02 ج/مل . وحاليًا يحضر زيت الياسمين صناعيًا . والزيت الصناعي المحضر أقل جودة من الزيت الطبيعي . ويستخدم زيت الياسمين في صناعة الروائح العطرية وفي تحضير مساحيق التجميل ، ويدخل بكميات بسيطة في تحضير بعض الأطعمة .

## ج- زيت الورد :

يعد زيت الورد من أهم الزيوت العطرية شائعة الاستعمال وهو يستخرج من أوراق الورد بالتقطير، أو بالاستخلاص باستخدام المذيبات. وهناك أنواع مختلفة من الورد الذي يستخرج منه هذا الزيت.

وزيت الورد حساس جدًا، فهو يتأثر سريعًا في حال وجود زيت عطري آخر، وكذلك يتأثر بالحرارة وبالضوء الشديد، وهو غال جدًا لأن إنتاج كيلو جرام واحد من زيت الورد يحتاج إلى ما يقارب من ثلاثة آلاف وخمسمائة كيلو جرام من بتلات الورد .

ويستخدم زيت الورد في تحضير معظم الروائح العطرية . ويستعمل قليلاً في تحضير بعض الصناعات الغذائية مثل: المشروبات الغازية، وبعض أنواع معاجين الأسنان .

ويحضر زيت الورد حاليًا صناعيًا بكميات تجارية ، ولكن الزيت الصناعي أخف من الزيت الطبيعي وأرخص ثمنًا منه .

#### د- زيت البنفسج :

زيت البنفسج من أجمل الزيوت العطرية وألطفها، ويستخرج هذا الزيت من زهور البنفسج . وهو غالي الثمن بشكل خيالي، ويعود سبب ذلك إلى انخفاض نسبة الزيوت المستخلصة من زهوره.

فنحن نحتاج لإنتاج (50) جرامًا من زيت البنفسج مثلاً إلى ألف كيلو جرام من أزهاره ويتراوح لونه ما بين الأبيض والأزرق الكاشف . يستخدم زيت البنفسج في صناعة بعض العطور الخفيفة الفاخرة ، وقد يستخدم في بعض الأحيان لتعطير بعض أنواع الصابون الممتازة .

#### هـ- زيت الليمون :

يملك زيت الليمون رائحة عطرية ممتازة فهو مهدئ للنفس ويدعو إلى الرومانسية، ويستخرج زيت الليمون من قشور الليمون وأزهاره بطريقة العصر أو التقطير، وزيت الليمون أصفر اللون، وله رائحة منعشة، ويذوب بسهولة في الكحول الأيثلي، وهو يدخل بنسبة مرتفعة في تحضير ماء الكولونيا .

يستخدم زيت الليمون في إنتاج بعض أنواع الروائح العطرية كما يستخدم في صناعة المنظفات لتعطير السوائل المنظفة والشامبو . ويدخل بنسبة بسيطة في صناعة المواد الغذائية كمادة ذات نكهة .

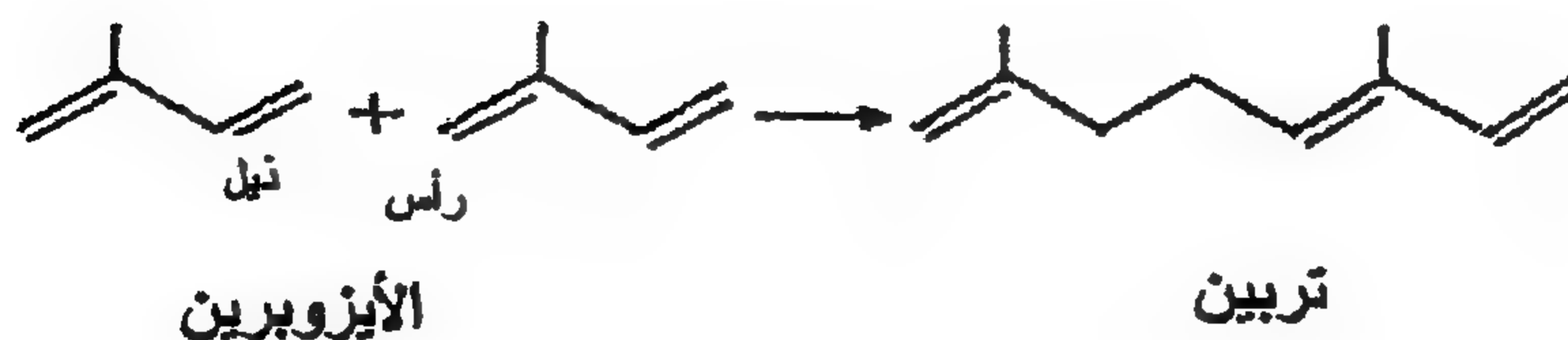
## و- زيت الكافور :

يستخرج زيت الكافور من أوراق نبات الكافور وأغصانه باستخدام عملية التقطير ، ويستعمل زيت الكافور مطهرًا ويدخل بنسبة لا بأس بها في صناعة الروائح العطرية مثبتًا ، وقد تمكن العلماء من تحضير زيت الكافور صناعيًا .

## ثالثًا : الزيوت العطرية ذات المنشأ الصناعي :

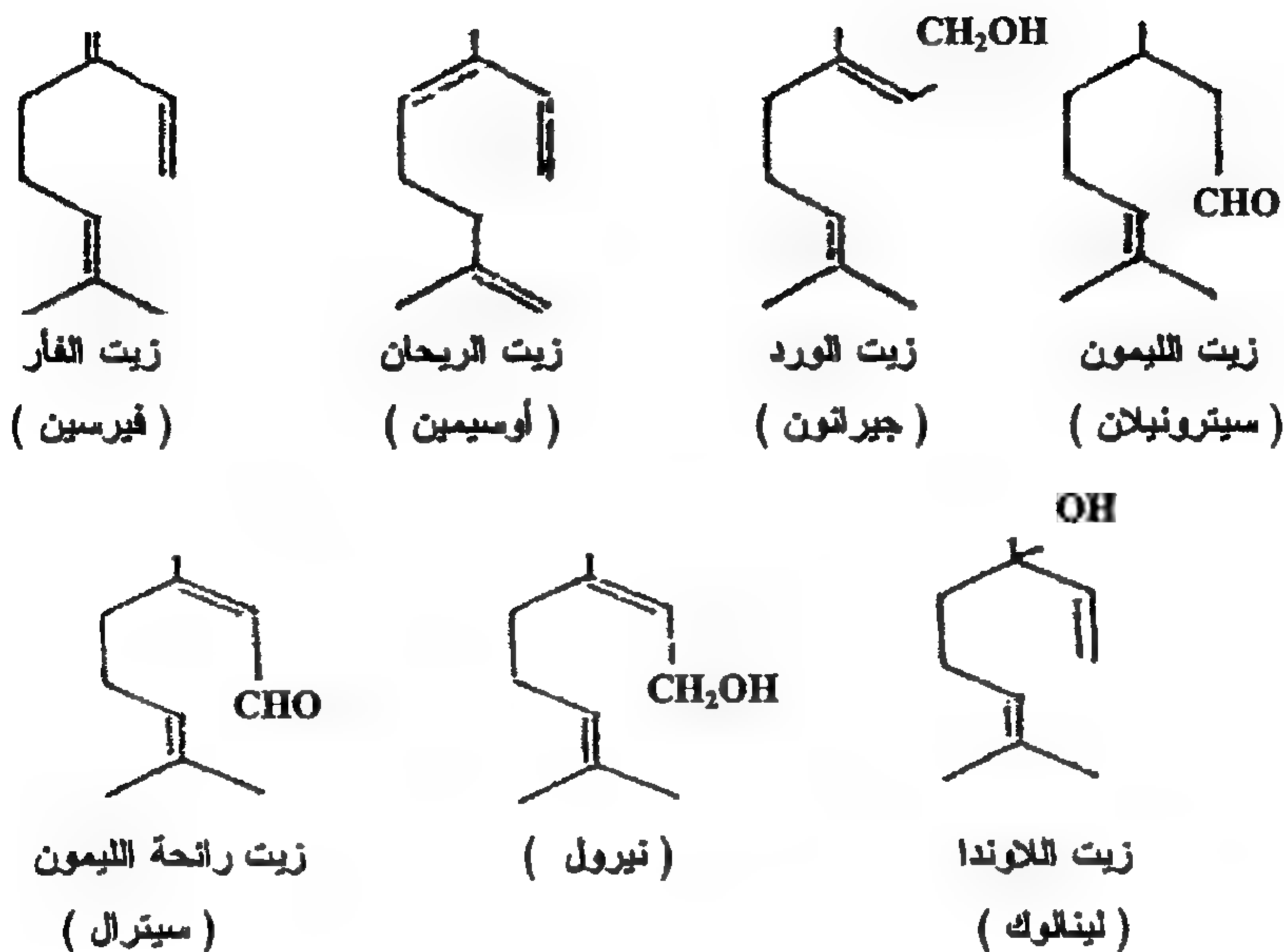
نظرًا لتزايد عدد السكان في العالم تزايدًا كبيرًا ، وعدم كفاية كل من المصدرين النباتي والحيواني مما يقدمانه من زيوت وروائح عطرية . بدأ العلماء يدرسون تلك الزيوت دراسة كيميائية - فيزيائية ، لمعرفة تركيبها وإمكانية تحضيرها معملًا .

وقد تبين فيما بعد أن معظم الزيوت العطرية تحوي التربينات التي تملك تلك الرائحة المنعشة واللطيفة . والتربينات هيدروكربونات تملك الصيغة العامة  $C_{10}H_{16}$  . وقد تبين بعد ذلك وجود بعض الأنواع من التربينات تحوي الأكسجين ، وقد توصل العالم بوزيكا إلى نتيجة مفادها أن معظم التربينات مؤلفة من عدد من الجذور تحوي خمس ذرات من الكربون مرتبطة ببعضها بعضًا رأسًا لذيل ، أو رأسًا لرأس أو ذيلًا لذيل :



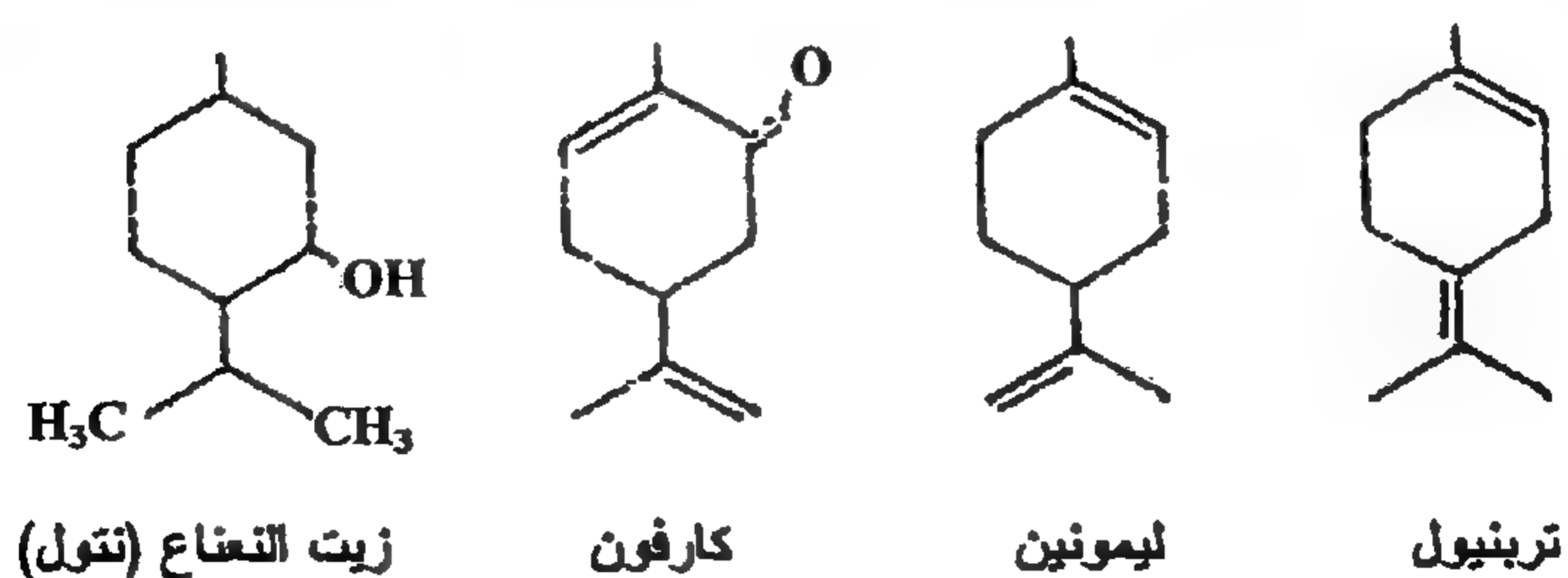
## أ- أحاديات التربين المفتوحة اللا حلقية :

وهي تستخدم مباشرة في صناعة الروائح العطرية لما تملكه من روائح  
نكية وتضم هذه المجموعة عددًا كبيرًا من المركبات نذكر منها :



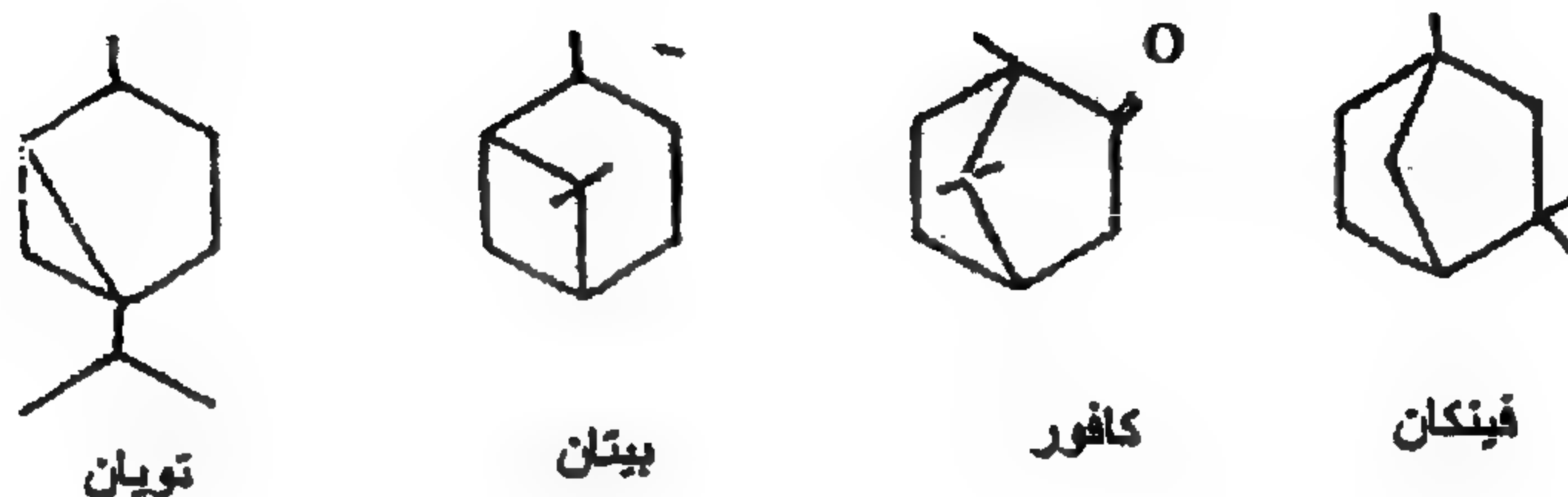
## ب- أحاديات التربين أحادية الحلقة :

وهي كثيرة الانتشار في الطبيعة . وتستخدم استخدامًا رئيسيًا في صناعة  
الروائح العطرية ، وتضم هذه المجموعة عددًا كبيرًا من المركبات نذكر منها :



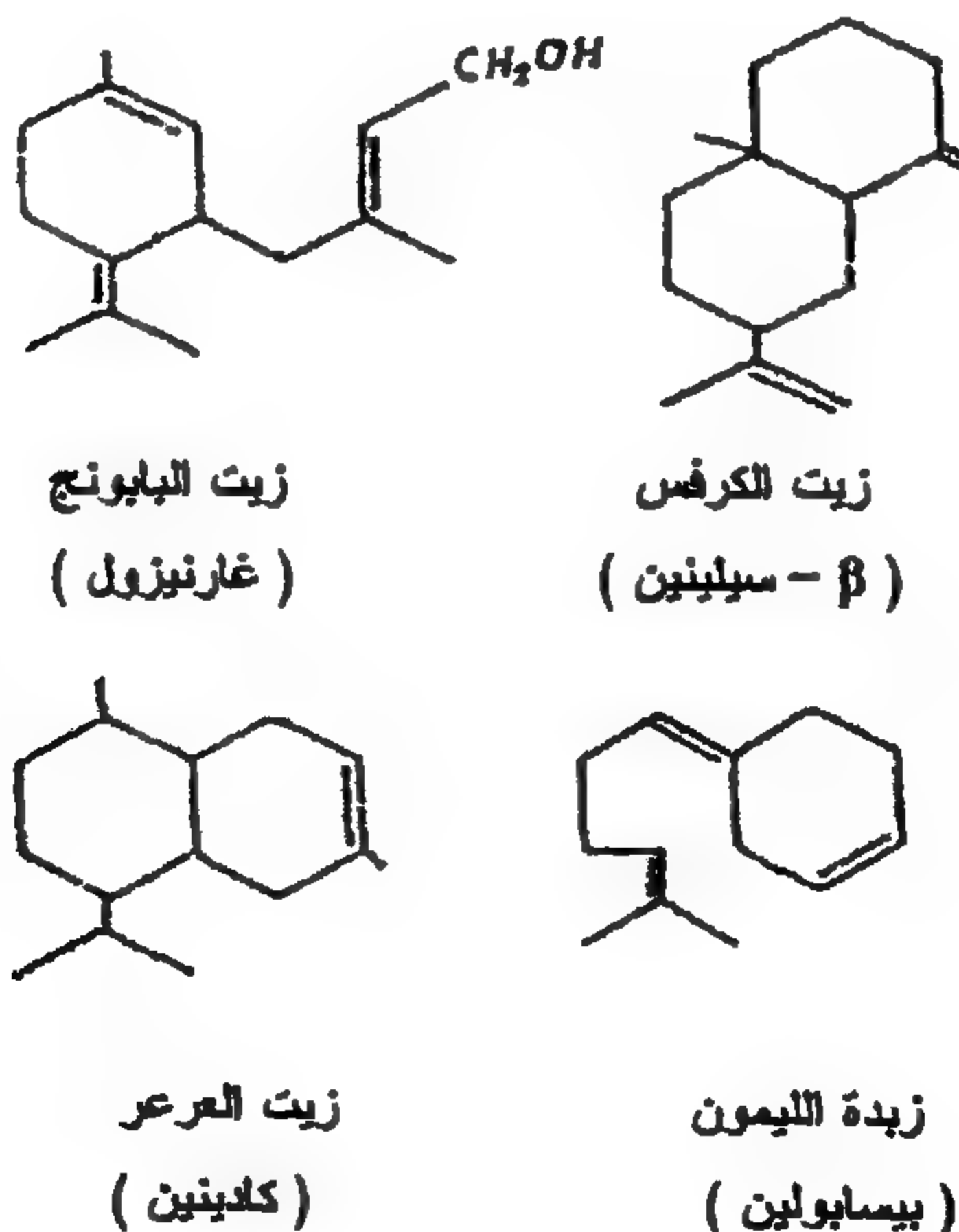
## ج- أحاديات التربين ثنائية الحلقة :

تملك هذه المجموعة الصيغة العامة  $C_{10}H_{16}$  وهي كثيرة الانتشار في الطبيعة وتملك معظم مركبات هذه المجموعة روائح نكية . وتستخدم في صناعة الروائح العطرية أو مثبتات للروائح نذكر منها :



## د- سيسكوتربينات :

وتضم هذه المجموعة تربينات غير حلقية وتربينات أحادية الحلقة أو ثنائية الحلقة أو ثلاثية الحلقات . ومعظم هذه المركبات تملك روائح عطرية نذكر منها :





## طرق استخلاص الزيوت العطرية من النباتات :

هناك طرق عدة لاستخلاص الزيوت العطرية من النباتات منها :

### 1- طريقة التقطير بالبخار :

تؤخذ الخامات النباتية من أزهار وأوراق ولحاء وتطحن ثم توضع على سلال كبيرة مثقبة ومعلقة داخل أجهزة التقطير المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ، ثم يمرر خلال السلال تيار كثيف من بخار الماء ، حيث يقوم البخار بجرف الزيوت العطرية من الخامات النباتية .

ثم يؤخذ البخار الحاوي الزيوت العطرية إلى أجهزة التكثيف حيث يتكاثف البخار ويتحول إلى سائل ، ثم يؤخذ هذا السائل إلى أجهزة فصل من أجل فصل الماء عن الزيت العطري ، وتعد هذه الطريقة من الطرق المستمرة والاقتصادية لأنها لا تحتاج إلا إلى البخار والوقود .

ولكن من مساوئ هذه الطريقة أننا لا نستطيع استخلاص جميع الزيوت النباتية العطرية بها ؛ لأن بعض الزيوت العطرية تتحلل بالحرارة أو تتفكك بوجود الماء ، ومن ثم تفقد قيمتها من حيث هي زيوت عطرية .

### 2- طريقة الامتصاص :

وهي طريقة حديثة وتطبق لاستخلاص الزيوت العطرية التي لا يمكن استخلاصها بطريقة التقطير بالبخار ، وتجرى العملية الصناعية وفق ما يأتي: حيث نأخذ الأزهار ونخلطها بالزيوت النباتية، أو زيت فول الصويا مثلاً: المسخنة إلى الدرجة 60°م في قدور كبيرة مجهزة بخلاطات قوية .

حيث تتحطم الخلايا الحاوية للزيوت العطرية ويخرج الزيت العطري منها ويمتص بالزيت النباتي ، وعند التأكد من نهاية عملية الامتصاص نأخذ

المزيج إلى مرشح لفصل بقايا النباتات عن الزيت النباتي، ثم نأخذ الزيت النباتي ثانية ونضيف إليه كمية مناسبة من الأزهار ، لرفع تركيز الزيت العطري فيه .

ونكرر العملية مرات عدة حتى التأكد من تمام إشباع الزيت النباتي بالزيت العطري ، ثم يؤخذ المزيج الزيتي إلى أجهزة تقطير وفصل من أجل فصل الزيت العطري عن الزيت النباتي ، ومن مساوئ هذه الطريقة : أن هناك احتمالاً كبيراً لحدوث تزنخ الزيت النباتي المستعمل مما يؤدي إلى إعطاء رائحة غير مستحبة للزيت العطري .

### 3- طريقة الاستخلاص بالمذيبات :

وتعد هذه الطريقة من أفضل الطرق المستخدمة لما تملكه من سهولة وهي تستخدم لاستخلاص الزيوت العطرية من الأزهار الرقيقة كالياسمين والنرجس، ويجب أن تتوفر في المذيبات المستخدمة في هذه الطريقة المواصفات الآتية :

- (أ) ألا يترك المذيب وراءه أية رائحة في الزيت العطري المستخلص .
  - (ب) أن يملك المذيب درجة غليان منخفضة نسبياً لفصله بسهولة عن الزيت العطري بالتقطير
  - (ج) أن يتمتع المذيب بإذابة جيدة للزيوت العطرية، وأن يحل أقل كمية ممكنة من الشوائب غير المرغوب بها .
  - (د) يجب أن تكون المذيبات المستخدمة نقية جداً ؛ لأن وجود الشوائب يؤثر في جودة الزيت العطري المستخلص ويتم الطريقة الصناعية كما يأتي :
- ندخل في مراحل كبيرة كمية مناسبة من الأزهار . نضع الأزهار فوق صوان مثقبة موجودة داخل المراحل . ثم نضج المذيب المناسب عبر المراحل ببطء شديد فيتخلل في جميع الصواني من أعلى إلى أسفل.

وبعد ذلك يؤخذ المذيب إلى أبراج التقطير ، لفصل الزيت العطري عن المذيب ، ثم يعاد المذيب ثانية إلى المرجل لاستخلاص معظم الزيوت العطرية الموجودة في الأزهار وتكرر هذه العملية ثلاث مرات حتى التأكد تمامًا من استخلاص جميع الزيوت العطرية .

وتجمع الزيوت العطرية كافة وتحل في الإيثانول، ثم يرشح ما سبق من أجل فصل المركبات الشمعية غير الذوابة في الكحول ، ثم نفصل الزيت العطري عن الكحول بالتقطير المجزأ .

#### 4- طريقة العصر :

تستخدم هذه الطريقة من أجل استخلاص الزيوت العطرية من قشور الثمار، مثل: قشر الليمون، والبرتقال، واليوسفي واليارينج ؛ لأن هذه الزيوت تتأثر بالحرارة لذلك لا يمكن تطبيق الطرق السابقة عليها ، كما أن طريقة الاستخلاص هذه تشبه كثيرًا طريقة استخلاص الزيوت النباتية حيث تستخدم لأجل ذلك مكابس آلية .

وتجمع قشور الثمار وتنظف جيدًا من الأتربة والأوساخ ، ثم توضع داخل المكبس وتعصر بقوة بحيث يسيل الزيت الخام من أسفل المكبس، ثم تؤخذ الزيوت الخام إلى قسم المعالجة لفصل الزيت العطري عن الشوائب وتعد هذه الطريقة اقتصادية ؛ لأن الزيت العطري المستحصل هو ناتج ثانوي في مصانع تحضير الأغذية .

#### صناعة الروائح العطرية :

تعتمد صناعة الروائح العطرية على الحس الذوقي عند الإنسان . وهي تعتمد كثيرًا على مهارة الإنسان واختياره للزيت العطري المناسب أو لمجموعة

معينة من الزيوت العطرية بحيث تَخلط بعضها بعضًا لإعطاء روائح عطرية ممتازة .

وقبل البدء في عملية صناعة الروائح العطرية يجب أن تتوافر المواد الآتية :

أ- الزيوت العطرية .

ب-المذيب.

ج- الماء.

د- المثبتات.

هـ- الصبغات الملونة.

أ- الزيوت العطرية :

هي مركبات كيميائية ذات رائحة لطيفة ومقبولة وتتصف الزيوت العطرية بتطايرها ، وهي ضعيفة الذوبان في الماء ، ولكنها سهلة الذوبان في المذيبات العضوية مثل: الأثيرات والكحولات والكيثونات .

ب- المذيبات :

وهي من أهم المواد المستعملة في صناعة الروائح العطرية لما تملكه من ميزات اقتصادية تخفف من الكلفة الكلية . ما دامت الزيوت العطرية مرتفعة السعر، لذلك يجري تخفيفها بالمذيب المناسب ، فضلاً عن أن هناك بعض الزيوت العطرية لا تنتشر شذاها إلا إذا كانت ممدودة .

ويجب أن يتمتع المذيب العضوي المستخدم في صناعة الروائح العطرية بالصفات الآتية : أن يكون غير سام، وأن يملك درجة تبخر متوسطة ليديم عبقه أطول مدة ممكنة وألا يتفاعل

مع الزيوت العطرية المذابة فيه ، وألا يملك تأثيراً ضاراً في جلد الإنسان أو شعره .

وقد وجد أن الكحول الإيثيلي ( $C_2H_5OH$ ) هو من أفضل المذيبات المستخدمة في صناعة الروائح العطرية لتمتعه بأغلب الصفات المطلوبة ، وقبل استخدام الكحول الإيثيلي يجب أن نقوم بتخفيفه وتمديده بالماء المقطر وعموماً يفضل استخدام الكحول الإيثيلي بقوة 80 درجة كحولية أي أن تركيزه 80% حجماً .

#### ج- الماء :

يضاف الماء المقطر بكمية محددة بدقة إلى المحلول الكحولي إضافة تدريجية وبطيئة مع التحريك ، ويجب التنبيه إلى مسألة مهمة هي عدم استخدام الماء العادي مطلقاً لما يحويه من أيونات قد تؤثر سلباً في صناعة الروائح العطرية .

#### د- المثبتات :

هي مركبات كيميائية تضاف إلى الروائح العطرية؛ بهدف تثبيت العطور وإبقاء شذاها أطول مدة ممكنة، وتملك المثبتات درجات غليان مرتفعة وعند مزجها بمواد أكثر تطايراً فإنها تعمل على التخفيف من سرعة تبخر هذه المواد ، وتقسم المثبتات إلى أنواع عدة وهي :

#### (1) المثبتات النباتية :

وهي مستخرجة من المملكة النباتية، مثل: زيت الصندل، وزيت جوز الطيب، وزيت القرنفل ، وتملك هذه الزيوت درجات غليان مرتفعة .



## (2) المثبتات الحيوانية :

وهي الأكثر انتشارًا وتستعمل بكميات كبيرة، ومن أهم هذه المثبتات: العنبر والمسك ، ويجب استعمال هذه المثبتات بكمية ضئيلة جدًا، أو بشكل محلول مخفف حتى لا تؤثر فيها رائحة الزيت العطري المستخدم فتفسده .

## (3) المثبتات الاصطناعية :

وهي منتجات حديثة نوعًا ما، وتتصف بكونها عديمة الرائحة، أي أنها لا تؤثر في رائحة الزيت العطري المستخدم، وحاليًا تستخدم هذه المثبتات بكميات كبيرة في صناعة الروائح العطرية ، ومن أهم هذه المثبتات :

الأسيتوفينون  $C_6H_5-CO-CH_3$  ، وحمض البنزوينيك  $C_6H_5-COOH$  ، وحمض السيناميك فثالات الأثيل .

## هـ - المواد الملونة :

ينبغي - في أثناء عملية صناعة الروائح العطرية - اختيار اللون المناسب للرائحة، وفي معظم الأحيان يستخدم اللون الأصفر واللون الأخضر ، وأصبح الآن بإمكان أي كيميائي اختيار اللون المناسب من خلال الأصبغة الصناعية ، التي تتراوح ألوانها ما بين الأبيض والأسود .

وتعد صبغة الآوز من أهم الأصبغة المستعملة في صناعة مستحضرات التجميل والروائح العطرية، ويجب أن تتوفر في المادة الملونة والمستعملة في صناعة الروائح العطرية الصفات الآتية : أن تكون المواد الملونة غير سامة، وألا تسبب أية حساسية وخصوصًا على الجلد، وألا تؤثر على رائحة الزيت العطري المستخدم، وألا تترك أية ألوان على جلد الإنسان بعد تبخر المذيب، وأن تتناسب ورائحة العطر، فإن كان الزيت العطري



المستخدم مثلاً زيت الليمون فيجب أن تكون المادة الملونة صفراء ،  
أما إذا كان الزيت العطري هو زيت البنفسج فيجب أن تكون المادة الملونة  
بنفسجية اللون .

### صناعة ماء الكولونيا :

يعد ماء الكولونيا من أخف أنواع العطور . وماء الكولونيا كثير  
الاستعمال وخصوصاً في الصيف . وهي مهدئة للأعصاب ومنعشة ويستعمل  
ماء الكولونيا كمطهر ، وقبل البدء بصناعة ماء الكولونيا علينا أن نختار الزيوت  
العطرية المناسبة .

وأفضلها على الإطلاق زيت الليمون، وزيت البرجموت، وزيت  
زهر البرتقال ، ويضاف إلى الزيوت العطرية المطلوبة الكحول  
الإيثيلي والماء والمواد الملونة .

ونلاحظ أن الكولونيا تحوي تركيزاً منخفضاً من الزيوت  
العطرية إذ يتراوح تركيز الزيوت فيها ما بين 20 و 30 ج/ل .  
ولإنتاج بعض الأنواع الفاخرة من الكولونيا يجري تقطير  
الكحول الإيثيلي والزيت العطري ثم تضاف المواد المتبقية  
بعد ذلك .

### صناعة روائح اللوسيون :

يستخدم اللوسيون في تعطير جسم الإنسان وشعره وملابسه . وتبلغ نسبة  
الزيوت العطرية فيه ما بين 5 و 8 جراماً / 100 سم<sup>3</sup> كحول . واللوسيون  
الطبيعي أساسه البنفسج والزنبق والياسمين والورد والجاردينا والميموزا .

وطريقة عمل اللوسيون مشابهة جدًا لطريقة عمل الكولونيا ، وتستعمل المثبتات بكثرة في أثناء صناعة روائح اللوسيون .

وفيما يأتي عدد من الوصفات المناسبة لتحضير روائح اللوسيون :

إن طريقة عمل اللوسيون قريبة جدًا من طريقة صناعة ماء الكولونيا . إلا أنها تختلف عنها بإضافة المثبت . لذلك تجري في البداية إذابة المثبت بقليل من الإيثانول، ثم نضيف الزيوت العطرية إلى الإيثانول المتبقي، ونخض ما سبق جيدًا حتى تمام الامتزاج .

ثم نسكب محلول المثبت قطرةقطرة، وفي كل إضافة نخض المزيج جيدًا، ثم نختبر مدى تأثير الرائحة بإضافة المثبت حتى يصبح المزيج ذا رائحة منعشة ولطيفة . عندئذ نوقف سكب محلول المثبت . ويفضل عادة تخفيف المثبت بالكحول الإيثيلي وتركه أسبوعين في مكان مظلم قبل استعماله .

**صناعة روائح الأكستريه :**

تستعمل روائح الأكستريه في تعطير المناديل والقبعات ومراوح السيدات، ويكون تركيز الزيت العطري فيه ما بين 10 و 20 ج / 100 سم<sup>3</sup> كحول .

والأكستريه الطبيعي يتألف من نوع واحد، أو من نوعين على الأكثر من الزيوت العطرية مثل: زيت الفل، أو زيت الورد، أو الياسمين، أو البنفسج، أو الزنبق، وطريقة عمل الأكستريه مشابهة تمامًا لطريقة عمل اللوسيون . ويفضل إضافة المثبتات عند صناعة الأكستريه . وفيما يأتي تراكيب عدة لصناعة الأكستريه :

الوصفة رقم II	الوصفة رقم I
12 ج زيت البنفسج 4 ج زيت الياسمين 2 ج زيت الورد 1 ج مسك ( مثبت ) 150 ج كحول إثيلي 7 ج ماء مقطر	6 ج زيت النرجس 6 ج زيت الياسمين 1 ج مسك ( مثبت ) 100 ج كحول إثيلي 13 ج ماء مقطر

\* \* \*

## الأسئلة

- 1- عدد أهم مصادر الزيوت العطرية ، مع ذكر بعض الأمثلة .
- 2- تحدث عن الزيوت العطرية ذات المنشأ الحيواني ، مع إعطاء أمثلة عليها.
- 3- اشرح كل ما تعرفه عن الزيوت العطرية ذات المنشأ النباتي، مع ذكر بعض أنواعها .
- 4- تحدث عن الزيوت العطرية ذات المنشأ الصناعي واكتب الصيغ الكيميائية لأهم أنواعها .
- 5- تكلم على صناعة التربينات، وبين كيف يتم تحضير مركب السيترال .
- 6- اكتب المعادلات الكيميائية لمراحل تصنيع الكافور. واذكر الكواشف المستخدمة لهذا الغرض .
- 7- كيف يمكن تصنيع المنثول ( زيت النعناع ) ؟ اكتب المعادلات .
- 8- تحدث عن أهم الطرق المتبعة لاستخلاص الزيوت العطرية من النباتات .
- 9- تكلم مفصلاً أهم المواد المستعملة في صناعة الروائح العطرية .
- 10- كيف يمكن تحضير ماء الكولونيا؟ مع ذكر وصفة تركيبية لها .
- 11- اكتب وصفتين لتركيب روائح اللوسيون ، وشرح الطريقة .
- 12- تكلم على روائح الأكستريه واكتب وصفة تركيبية لها .

\* \* \*



## الباب التاسع

### صناعة الدهون والزيوت

#### مقدمة :

تنتشر الدهون والزيوت انتشاراً واسعاً في الطبيعة ، حيث تدخل في تركيب أجسام كل من: الإنسان، والحيوان، والنبات، والكائنات الحية الدقيقة ، ويطلق عليها اسم المواد الدسمة .

وتعد النباتات الحولية أكبر مصدر للزيت حالياً، مثل: فول الصويا، وبذور القطن، وعباد الشمس، وبذور الخروع، والذرة ، أما النباتات المعمرة فإنها تكون المصدر الثاني للزيوت النباتية، مثل: جوز الهند، ونوى النخيل والزيتون .

ونجد أن مصادر الدهون الحيوانية يمكن جمعها تجارياً من ثلاثة أنواع من الحيوانات وهي البقر، والغنم، والخنزير . وبالرغم من أن الدواجن تحتوي الدهن إلا أننا لا نلجأ إلى استخلاصه تجارياً .

وهناك بالإضافة إلى ذلك زيوت يتم إنتاجها من حيوانات بحرية، مثل: زيوت الأسماك الصغيرة ، مثل: زيت سمك السردين، والرنجة، أو من بعض الحيتان الكبيرة مثل زيت كبد الحوت .

وتتمتع المواد الدسمة بصفة خاصة فهي زيتية أو دهنية من حيث الملمس، وتترك على الورق بقعاً ذات أشكال مميزة ، وتكون الزيوت بشكل عام سائلة عند الدرجة 20°م ، أما الدهون فتتحول عند الدرجة 40°م من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة .



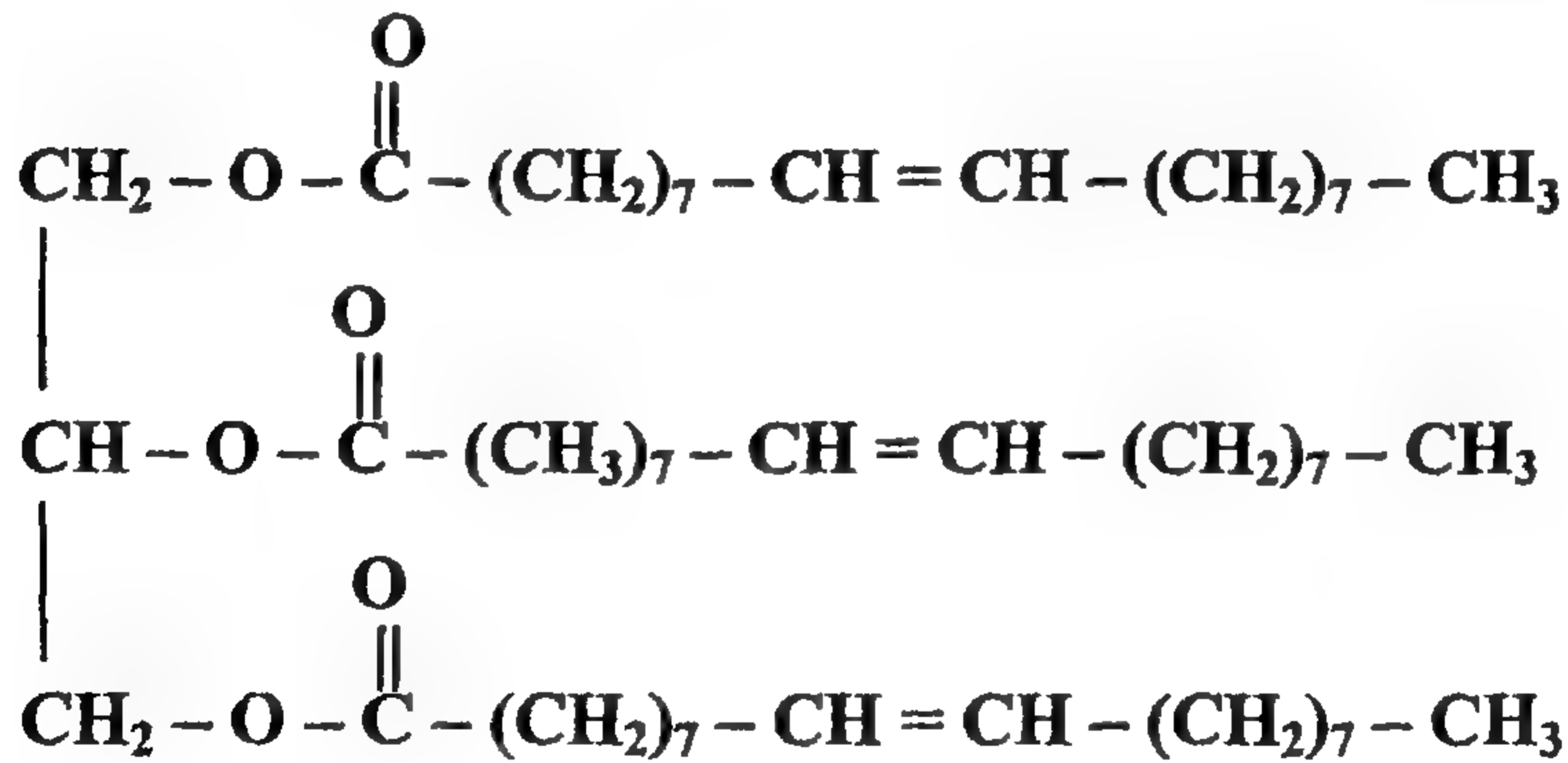
ويطلق على هذه المركبات أحياناً اسم جليسيريدات ، حيث يدل هذا الاسم على أن هذه المركبات هي في حالة أسترات ، ويدخل في تركيب الجليسيريدات الثلاثية عدة عشرات من الأحماض الدهنية التي تتألف جزيئاتها من 16 ذرة كربون فأكثر .

ويكثر وجود حمض الأوليك بنسبة كبيرة في الزيوت النباتية، حيث يوجد في زيت الزيتون، وزيت الفول السوداني، ودهن البقر ، ويلى ذلك حمض الأوليك من حيث الوجود حمض البالميتيك الذي يوجد في زيت نوى النخيل، ودهن البقر، والغنم .

وتقسم الجليسيريدات الموجودة في الطبيعة إلى :

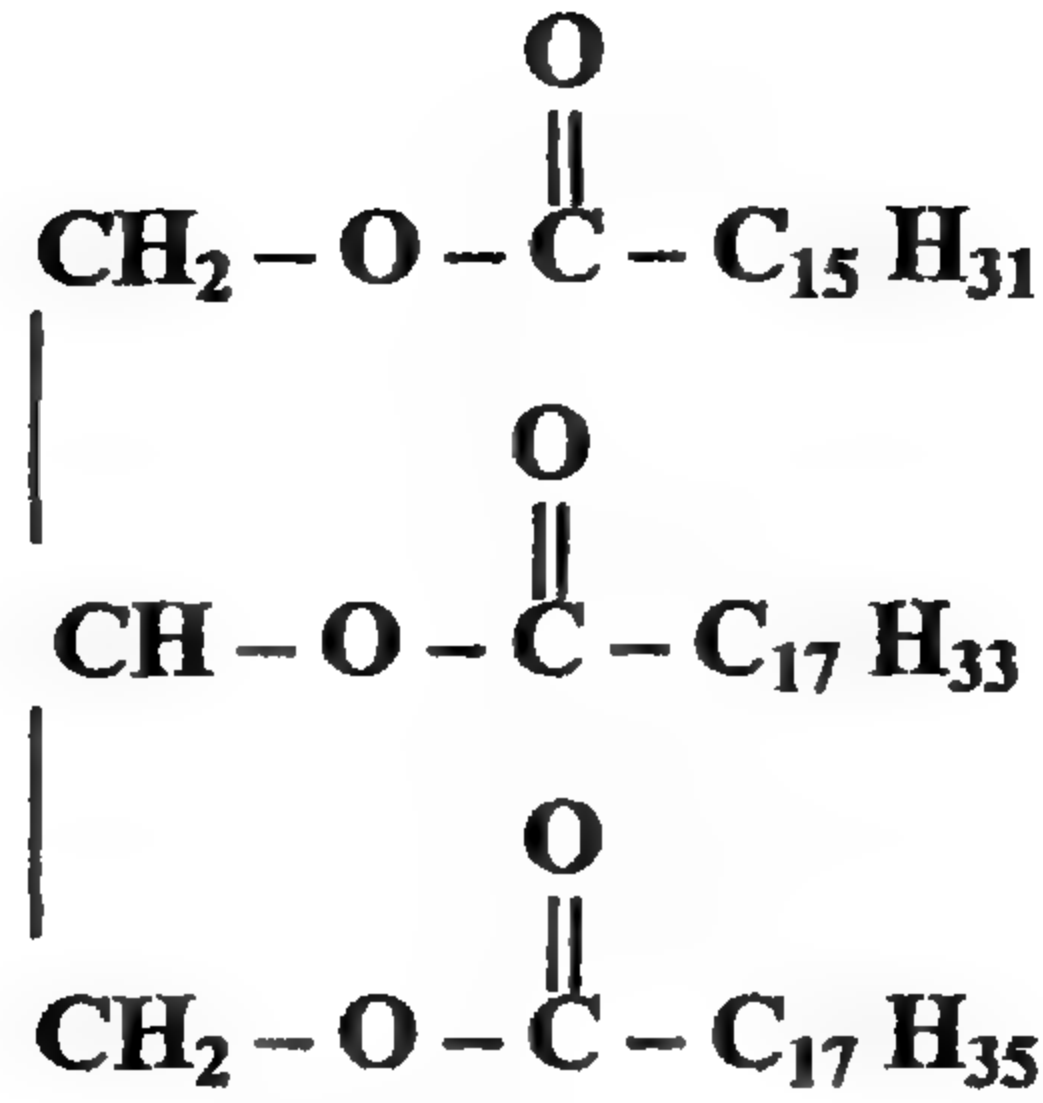
#### 1- جليسيريدات بسيطة :

حيث تتألف المادة الدسمة من نوع واحد من الحمض الدهني الدسم .  
مثل ثلاثي الأوليين :



#### 2- جليسيريدات مختلطة :

لا تكون الأحماض الدسمة الداخلة في تركيب هذا النوع من الجليسيريدات من نوع واحد ، وإنما تتألف من عدة أنواع من الأحماض الدهنية  
مثل: بالميتو - زيتاتو - شمعين :



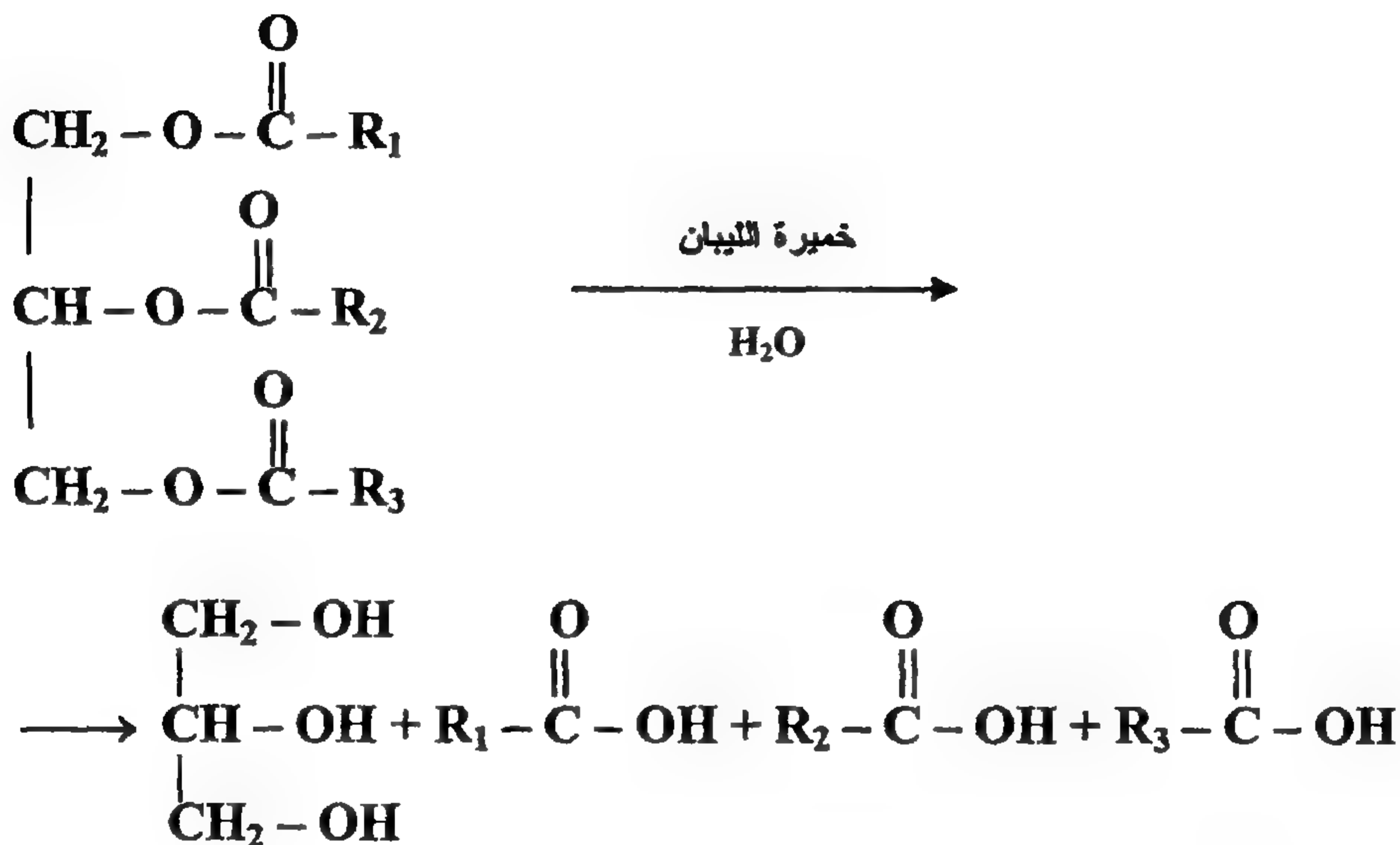
### الخواص العامة للزيوت والدهون :

- 1- تملك كل الدهون والزيوت كثافة أقل من الماء، أي أقل من (1) ؛ لذلك فإن الزيوت والدهون تطفو على سطح الماء دائماً .
- 2- إن الزيوت والدهون رديئة التوصيل للحرارة ، فهي تساعد على حفظ حرارة الجسم .
- 3- معظم الدهون والزيوت النقية لا طعم لها ولا رائحة . أما عند وجود أي طعم أو رائحة في هذه المواد . فهذا مرده إلى وجود بعض الشوائب المختلفة بها .
- 4- إن قوام المواد الدسمة يعتمد على نوع ما يدخل في تركيبها من أحماض دهنية، فإذا كانت الأحماض الدهنية مشبعة فهذا يعني أن الدهن بحالة صلبة مثل دهن الغنم ، أما الزيوت فإنها تملك أحماضاً دهنية غير مشبعة مثل زيت الزيتون .

لذلك فهي تتواجد بحالة سائلة عند الدرجة العادية من الحرارة . وقد لوحظ أن الجليسيريدات التي يدخل في تركيبها نسبة

كبيرة من الأحماض الدهنية المشبعة تملك درجات انصهار أعلى من درجات انصهار الأحماض الدهنية المشبعة .

5- إن معظم الدهون والزيوت تتحلل بواسطة الأحماض أو الخمائر إلى أحماض دهنية وجليسيرين .



6- لا تذوب الزيوت والدهون مطلقاً بالماء ، ولكنها تذوب بسهولة في المذيبات العضوية، مثل: الكلورفورم والبنزول، والإيثر والأثير البترولي، وغير ذلك .

التركيب الكيميائي للمواد الدسمة :

تتألف المواد الدسمة من المواد الآتية :

(أ) الأحماض المشبعة :

إن أكثر الأحماض المشبعة انتشاراً هي التي يتراوح فيها عدد ذرات الكربون من 6 إلى 22 ذرة ومن أهمها :

أ- حمض البالمتيك ( $\text{C}_{15} \text{H}_{31} \text{COOH}$ ) ، حيث يوجد في زيت النخيل، ودهن الحيوان .

ب- حمض اللوريك (الغار)  $C_{11} H_{23} COOH$  ، ويوجد في أوراق الغار .

ج - حمض الشمع  $C_{17} H_{35} COOH$  ، ويوجد في دهن البقر .

(ب) الأحماض غير المشبعة :

تصنف هذه الأحماض بحسب عدد الروابط المضاعفة الموجودة في السلسلة الكربونية للحمض :

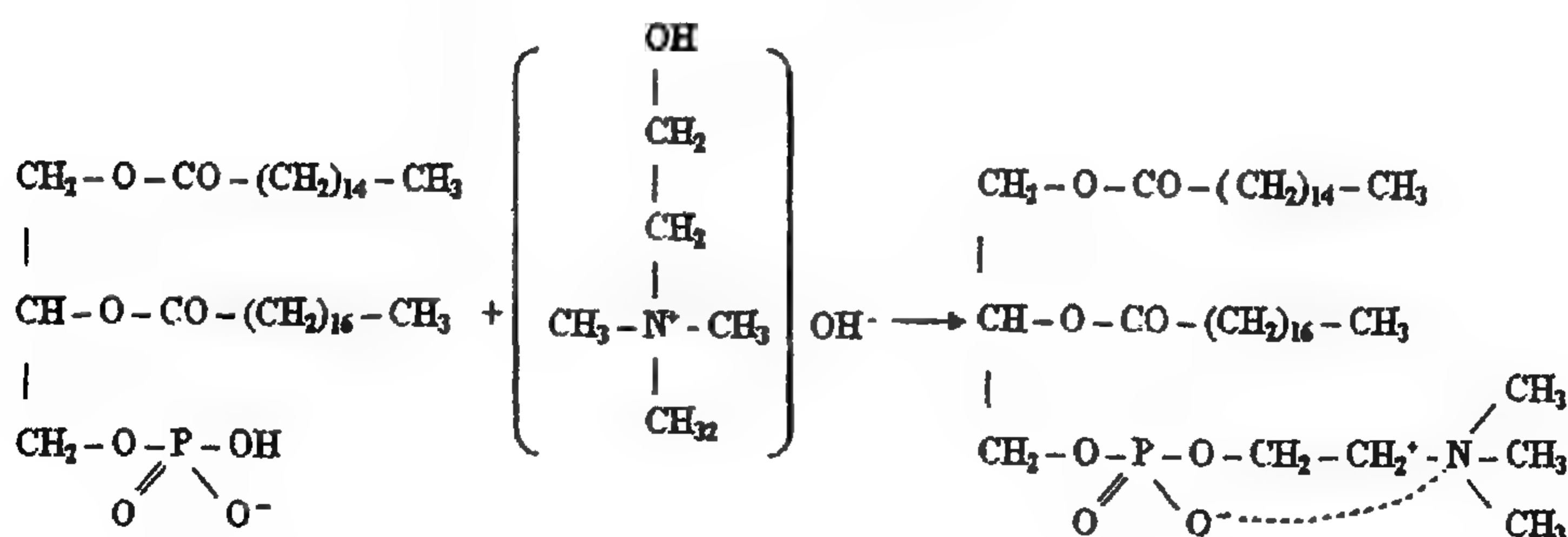
أ- حمض الأوليك (  $C_{17} H_{33} COOH$  ) ، ويحتوي هذا الحمض على رابطة مضاعفة واحدة .

ب- حمض اللينولييك ( الكتان )  $C_{17} H_{31} COOH$  ، ويحتوي على رابطتين مضاعفتين ، ويوجد في زيت بذر القطن .

ج- حمض اللينولينيك ( القنب )  $(C_{17} H_{29} COOH)$  ويحتوي على ثلاث روابط مضاعفة .

(ج) الفوسفاتيدات :

تتكون هذه المركبات من أسترة جزئية من الجليسرين مع جزيئين من حمض دسم وجزيئة من حمض الفوسفور ، ثم نفاعل الوظيفتين الحمضيتين المتبقيتين مع مركب أميني ليعطي الفوسفاتيدات . ومن أهم هذه المركبات الليستين الذي يتألف من اتحاد أستر حمض الفوسفور مع الكولين :



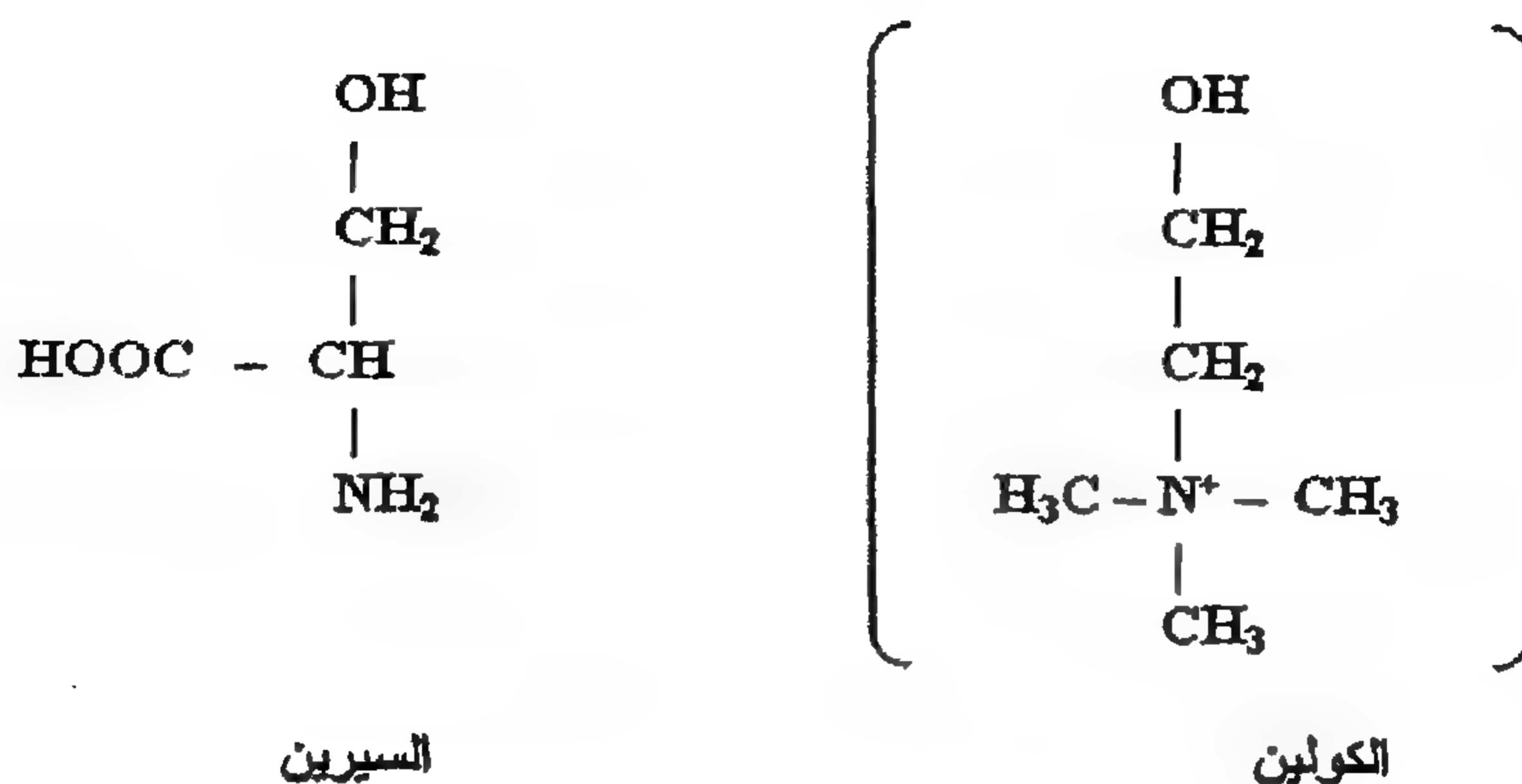
أستر حمض

الكولين

الليستين

الفوسفور مع الجليسرين

وتتنوع المركبات الحاوية على النتروجين والتي تدخل في تركيب الفوسفاتيدات، وأكثرها انتشارًا الكولين والسيرين :



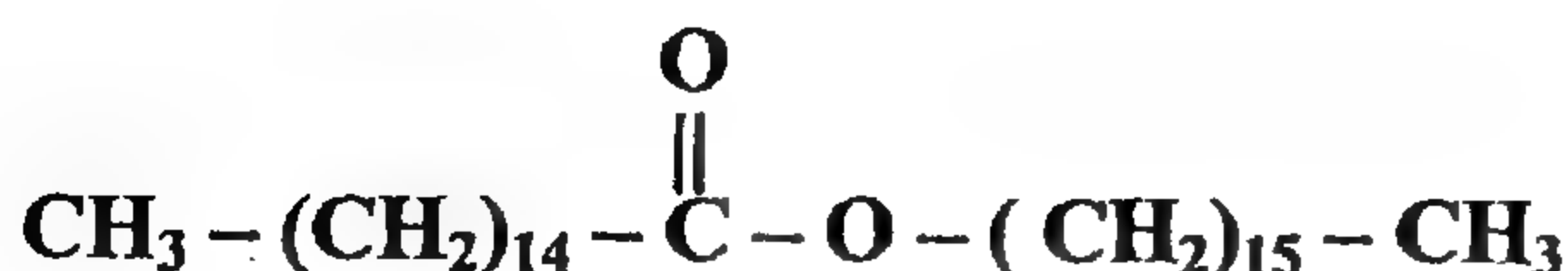
والفوسفاتيدات عبارة عن مركبات صلبة شبيهة بالدهون ، وهي تذوب في البنزول والكلورفورم ولا تذوب في الماء، وتبلغ نسبة الفوسفاتيدات في زيت فول الصويا بحدود 2% ، ويتم إزالة هذه المواد بتكرير الزيوت، حيث تتفكك بوجود القلويات إلى كولين وأستر حمض الفوسفور .

#### (د) الشموع :

وهي أسترات ناتجة من اتحاد كحولات عالية الوزن الجزيئي مع الأحماض الدسمة . وهي تنتشر في كل من المملكتين النباتية والحيوانية، ومن أهم الشموع الموجودة في المواد الدسمة هي :

#### 1 - السبيرماسيتي :

وهو يحتوي على نسبة مرتفعة من استر بالميتات السيتيل ذات الصيغة الآتية :



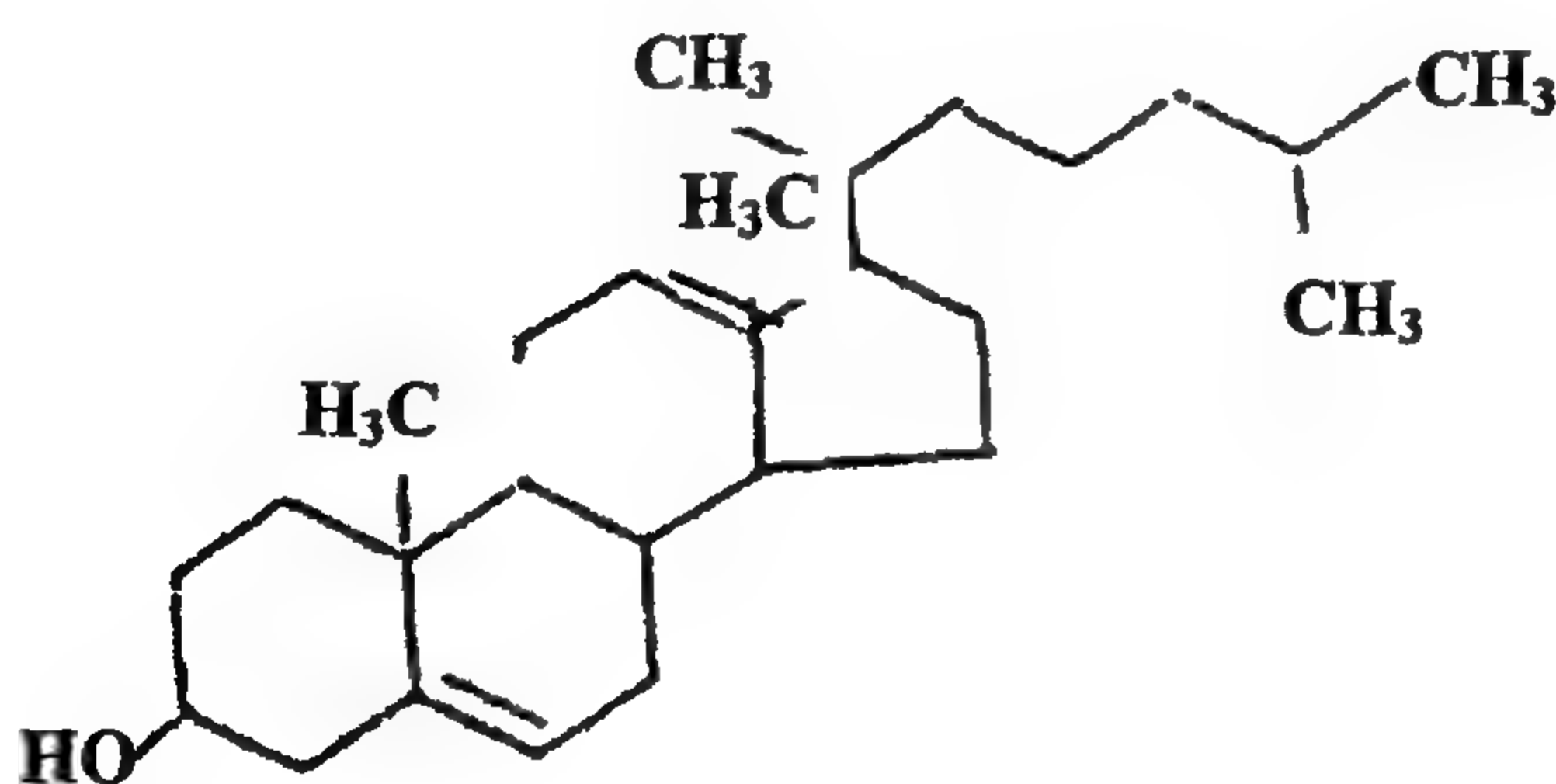
وهو شمع حيواني .

## 2 - اللانولين :

اللانولين أحد شموع المملكة الحيوانية . وهو مخلوط من عدة أسترات ناتجة من اتحاد الكحولات عديدة الحلقات مع الأحماض الدسمة ، والشموع عادة صعبة التصبن .

### (هـ) الستيروولات :

وهي عبارة عن أسترات للكحولات الحلقية مع الأحماض الدهنية ، ويعتبر الكوليستيرول من أهم الستيروولات الحيوانية وهو يوجد على شكل أسترات في جميع أعضاء جسم الإنسان وخاصة في الدماغ، وهو ينحل في الأثير والكحول والكلورفورم، وهو يملك التركيب الكيميائي الآتي :

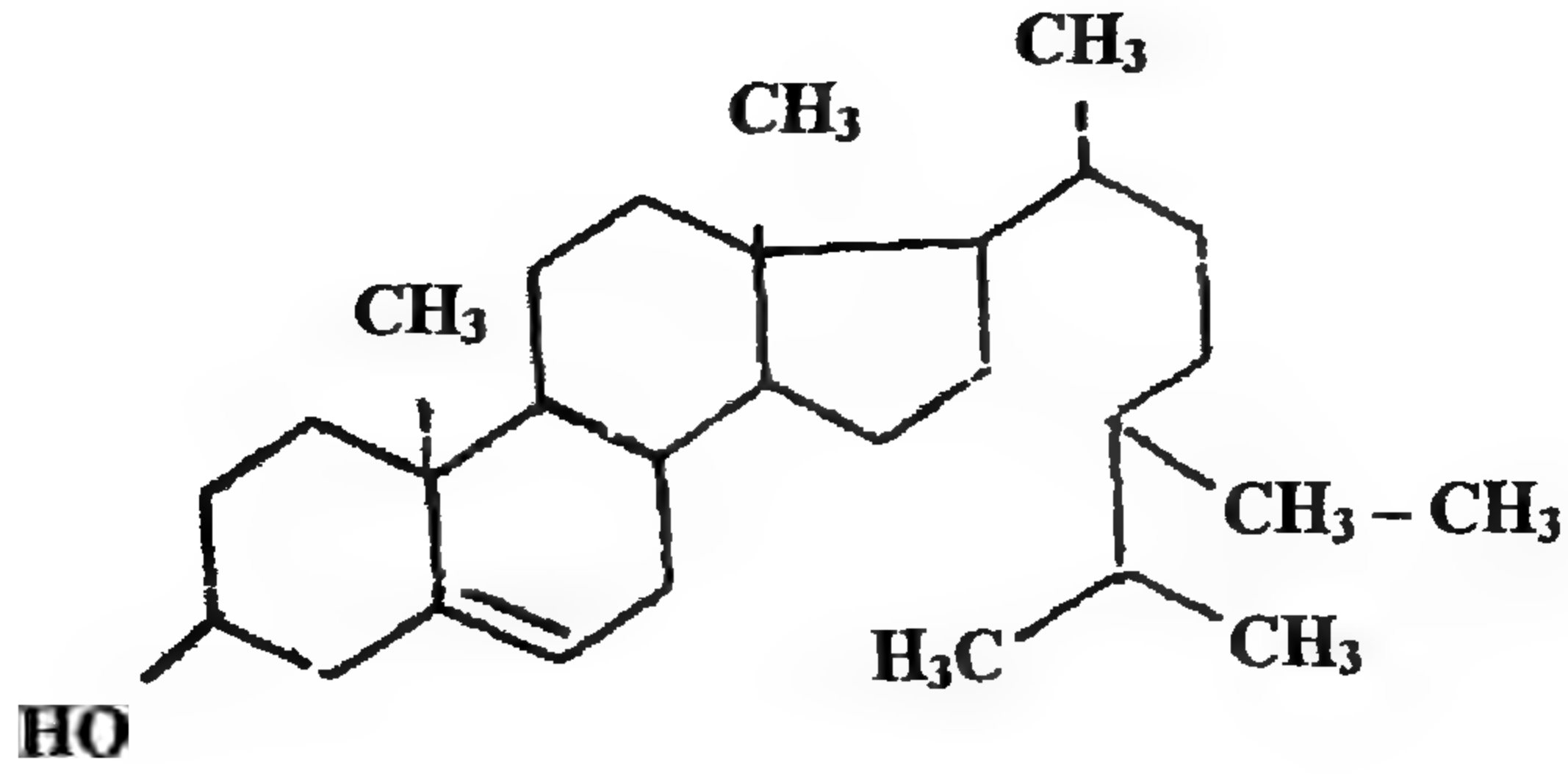


الكوليستيرول

أما في المملكة النباتية فيوجد نوع آخر من الستيروولات وهو

السيتوسيتيرول :





السيتوسيترونول

### (و) المواد الصباغية :

تملك معظم الزيوت مواد صباغية ملونة تغطي اللون الأصفر، أو اللون الأصفر المخضر للزيت ؛ ومن أهم هذه المواد الكاروتينيدات ، ويوجد في زيت بذرة القطن صباغ الجوسيبول ، ويمكن إزالة معظم هذه الصبغات في أثناء عملية تكرير الزيت .

### الخواص الكيميائية للمواد الدهنية :

إن الخواص الكيميائية للمواد الدهنية مهمة جداً ؛ فبمعرفة يمكننا الحصول على الكثير من المواد المهمة، مثل: الجليسرين، والصابون، والزيوت المسلفة، والزيوت المهدرجة .

### (أ) تأثير الهواء والأكسجين :

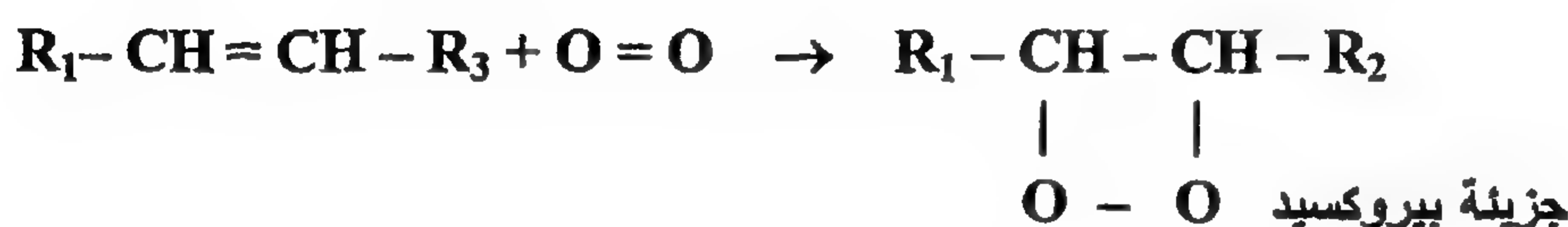
لدى تعرض المواد الدهنية للهواء أو الأكسجين مدة من الزمن ، فإنها تصبح ذات رائحة وطعم غير مقبولين ، وهذا ما نسميه بالترنخ ويشجع الضوء والحرارة والرطوبة هذا التحول ، وفي أثناء الترنخ تزداد الأحماض الحرة ، وتقسم الأكسدة إلى قسمين رئيسيين :

## أولاً : أكسدة الزيوت الجافة :

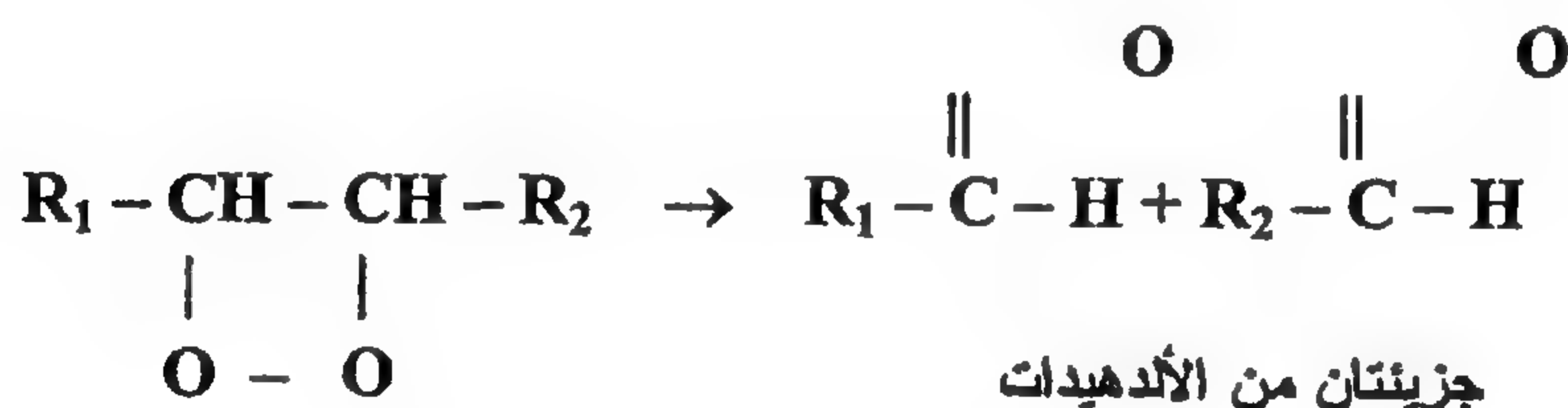
تجف هذه الزيوت لدى تعرضها للهواء أو للأوكسجين وتعطي غشاء مرناً بعد مدة من الزمن ، وتفيدنا هذه الخاصية في صناعة الدهانات والورنيش .

## ثانياً : أكسدة المواد الدسمة العادية :

وتتم عملية الأكسدة على مرحلتين : في المرحلة الأولى يحدث ضم لجزيئة أكسجين إلى رابطة مزدوجة في الحمض الدسم .



أما في المرحلة الثانية فيحدث فيها تفكك لجزيئة البيروكسيد لإعطاء الألهيدات، وهذه الأخيرة هي التي تسبب حادثة ترنخ الزيوت :



## (ب) تأثير الهيدروجين :

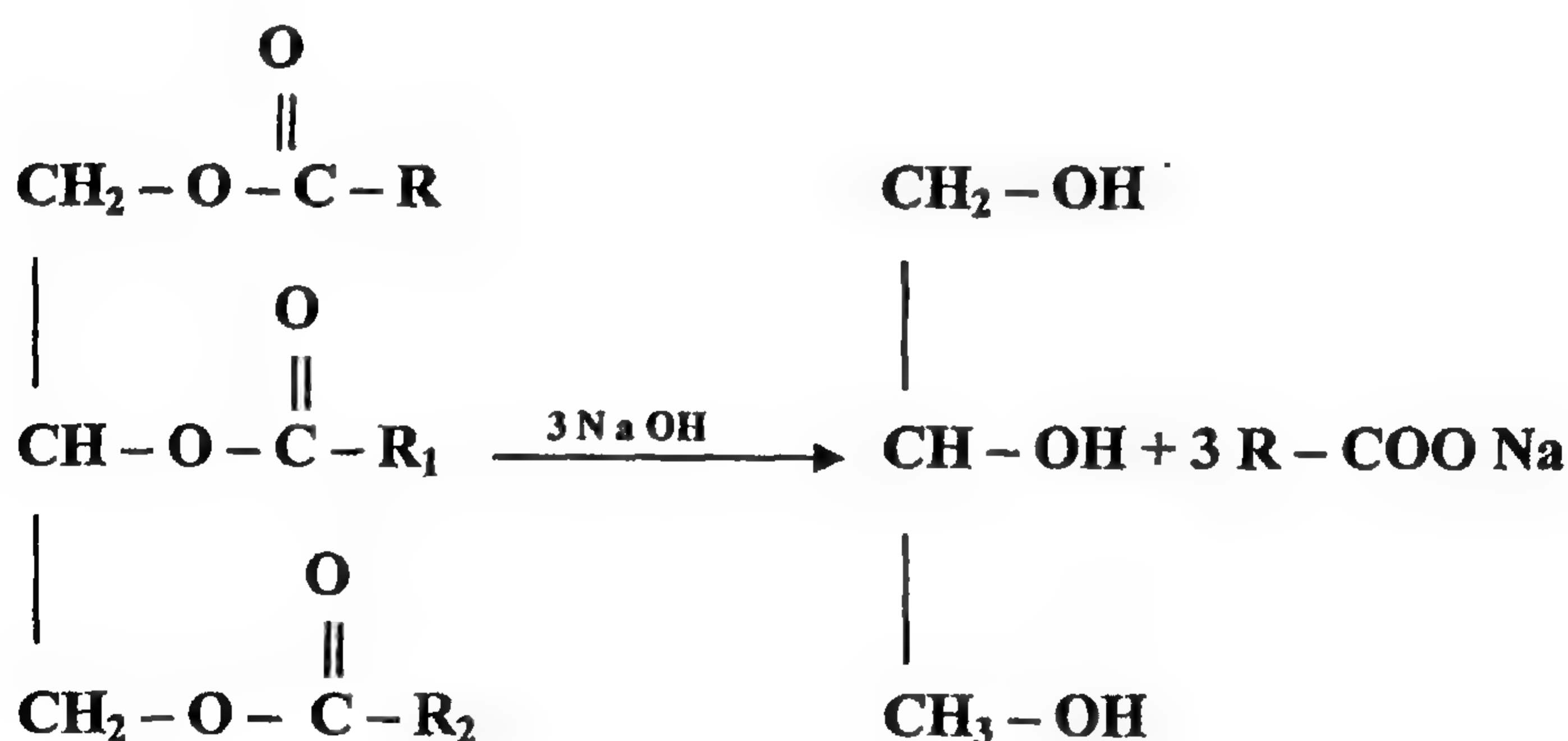
إذا احتوت المواد الدهنية على روابط مضاعفة ، فإن الهيدروجين يقوم بإرجاع هذه الروابط إلى أحادية بوجود وسيط مناسب وهو: النيكل، ودرجة حرارة، وضغط مناسبين ، ونطلق على هذا التفاعل اسم الهدرجة . وهذا التفاعل يفيد في تحويل الزيوت السائلة إلى مواد صلبة، أو نصف صلبة مثل: السمن النباتي والمارجرين .

### (ج) تأثير الحرارة :

تبقى المواد الدهنية ثابتة حتى الدرجة 200°م إذا سخنت بمعزل عن الهواء ، وإذا تابعنا التسخين نلاحظ تفكك المواد السامة وظهور رائحة الأكرولين نتيجة تفكك الجليسرين، أما الزيوت الجافة مثل: زيت الكتان فإن الحرارة تسبب بلمرتها . حيث تزداد لزوجة الزيت وتستخدم هذه الخاصية في صناعة الدهانات .

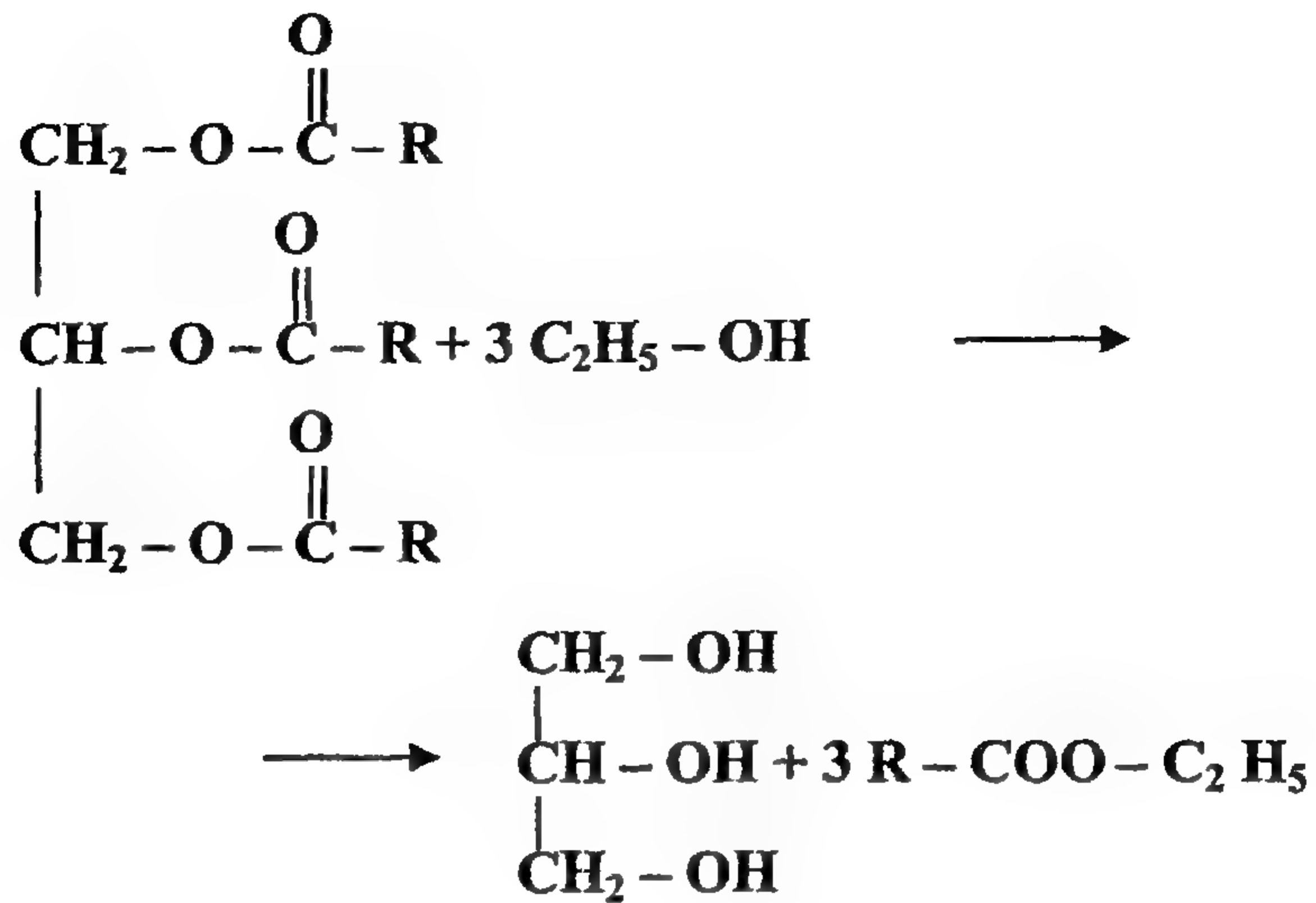
### (د) تأثير القلويات ( التصبن ) :

تتفاعل المواد الدهنية والقلويات بالتسخين لتشكيل الصابون والجليسرين، ويُفضل استخدام ماءات الصوديوم، أو ماءات البوتاسيوم لإنتاج الصابون كما يلي :



### (هـ) تأثير الكحولات :

تتفاعل الكحولات مثل: الميثانول، والإيثانول مع المواد السامة، وتتشكل بذلك الأسترات كما يلي :



الأستر الإيثيلي للحمص الدسم .

(و) تأثير الكبريت :

إن الزيوت الجافة تثبت الكبريت نتيجة وجود الروابط الثنائية ؛ وتعطي نواتج يطلق عليها اسم ( فاكثيس ) ، وهذه المواد تملك خواص بلاستيكية ولها استعمالات مشابهة للكاوتشوك .

استخلاص الزيوت النباتية :

من أجل استخلاص الزيوت النباتية نلجأ إلى طريقتين

أساسيتين وهما :

(أ) العصر الميكانيكي بالمكابس .

(ب) الاستخلاص باستخدام المذيبات .

ونجد أن أعظم مردود للزيت من البذور أو الثمار الزيتية في حالة استخدام طريقة الكبس لا يتعدى 93% ، بينما يصل المردود إلى 98% من الزيت في حالة استخدام طريقة الاستخلاص بالمذيبات ، لذلك يفضل استخدام طريقة الاستخلاص بالمذيبات العضوية لارتفاع نسبة المردود ولقلة الزيت المتبقي في التفل .

وغالبًا ما يلجأ إلى استخدام الطريقتين معًا، مثل الحصول على زيت بذرة القطن، وزيت الزيتون، حيث تستخدم طريقة العصر أولاً، ثم تجرى بعد ذلك عملية الاستخلاص بالمذيبات للنواتج الناتجة بعد العصر ثانيًا .

#### (أ) إنتاج زيت بذر القطن بالعصر والاستخلاص بالمذيبات :

قبل القيام بعملية العصر لابد من اتباع عدة خطوات وهي :

(1) تنظيف بذور القطن من الشوائب المرافقة باستخدام تيار من الهواء . من أجل إزالة الأتربة وبقايا النبات الموجودة بين البذور .

(2) إزالة فتائل القطن العالقة على البذور باستخدام آلات خاصة تسمى بحلقات البذور .

(3) إزالة القشور : حيث يتم تكسير البذور في أجهزة خاصة تتألف من أسطوانة تدور حول نفسها ، وهذه الأسطوانة مزودة بنتوءات مختلفة ، وبعد عملية التقشير تفصل القشور عن اللب بالغريلة .

(4) تكسير لب البذور ، وتستخدم لهذه الغاية مجموعة من الأسطوانات تدور كل أسطوانة بعكس الأسطوانة التي تليها حتى الحصول على رقائق بالسلك المرغوب .

(5) طبخ البذور : حيث يزداد إنتاج الزيت عند طبخ البذور قبل عصرها ميكانيكيًا، والهدف من عملية الطبخ ما يأتي :

أ- يسبب الطبخ تجميع بروتينات البذور وزيادة حجم قطرات الزيت، مما يساعد على زيادة انسياب الزيت .

ب- يؤدي الطبخ إلى قتل الأحياء الدقيقة الموجودة في البذور .

ج - إزالة مادة الجوسيبول الموجودة في بذور القطن التي تملك تأثيرًا سامًا يسبب تسمم الحيوانات .

د - يساعد الطبخ على ترسيب الفوسفاتيدات .

ويتم طبخ البذور في أسطوانات راسية مزودة بجهاز لرش الماء . وهذه الأسطوانات تملك جذرانًا مضاعفة من أجل تسخين البخار . وهي مزودة بمحرك ميكانيكي لتقليب المحتويات، وتبلغ حرارة الطبخ بحدود 110° تقريبًا ، أما الضغط فيجب أن يكون بحدود 5 ضغط جو . وتستوم عملية الطبخ مدة نصف ساعة .

(6) مرحلة العصر ، تؤخذ البذور المطبوخة إلى أجهزة العصر ، حيث يوجد أنواع عدة من هذه الأجهزة، ولكن أهم أنواعها: المكابس الحلزونية، والمكابس الصندوقية، حيث يتم فيها استخلاص معظم الزيت الموجود في البذور نتيجة لضغط المكابس الذي يصل إلى 140 ضغط جو ، وبعد ذلك يتم فصل الزيت عن الماء الموجود ، ثم يرشح الزيت من أجل المعالجة في مراحل لاحقة .

أما التفل الناتج من عملية العصر وهو يسمى بالكسبة ، فهو يحتوي مقدارًا من الزيت يتراوح حتى 10% ، لذلك يفضل في مثل هذه الحالة إجراء عملية الاستخلاص بالمذيبات العضوية .



وتتم هذه العملية ، برش المذيب العضوي ( الهكسان ) على الرفوف المثقوبة التي تحوي الكسبة والتي تتحرك بعكس اتجاه المذيب ، فينحل بذلك الزيت في الهكسان ، أما محلول الزيت في الهكسان فيضخ إلى سلسلة من المبخرات من أجل فصل الزيت عن الهكسان الذي يستعمل ثانية فيما بعد .

ويمكن في حالة عدم توافر الهكسان من حيث كونه مذيئًا ، أن نستخدم البنثان، أو الهيثان، أو الأوكتان، أو السيكلوهكسان ، ويجب أن تكون المذيبات خالية تمامًا من المركبات الحاوية النتروجين أو الكبريت . وألا تترك بقايا عند تبخرها تزيد على 0.0016 % .

يجب التنبه والحذر الشديد عند استخدام هذه المذيبات لقابليتها الشديدة للاشتعال مما يقتضي اتخاذ احتياطات خاصة ، أما الكسبة المتبقية بعد عملية الاستخلاص بالمذيبات فتستخدم علفًا للحيوانات .

#### (ب) تحضير زيت الزيتون :

تبلغ نسبة الزيت في ثمرة الزيتون حدود 30% ، ويتم الحصول على زيت الزيتون بطرق أقل كفاءة من تلك المتبعة في استخلاص أنواع أخرى من الزيوت تتعرض ثمار الزيتون لبعض المعاملات التي تؤدي إلى خدشها وجرحها خلال نقلها إلى المعاصر .

وكذلك يؤدي تخزينها قبل تصنيعها إلى إنتاج زيت يحوي على نسبة عالية من الأحماض الدهنية الحرة ، لذلك يُفضل عدم تخزين الزيت مدة طويلة من الزمن، وتتم عملية استخلاص زيت الزيتون وفق المراحل التالية :

- (1) تجمع ثمار الزيتون في مكان نظيف . وتفحص الثمار فحصًا جيدًا للتأكد من عدم إصابتها بذبابة الفاكهة التي تسبب رفع حموضة الزيت الناتج لذلك تستبعد الثمار المصابة .
- (2) تغسل الثمار باستخدام تيار من الماء من أجل إزالة الأوساخ العالقة .
- (3) تهرس الثمار باستخدام آلات خاصة تتألف من أسطوانتين تدوران دورانا متعاكسا .
- (4) توضع الثمار المهروسة في أكياس من القماش لا يزيد سمك الكيس على 15 سم .
- (5) يُطبق ضغط معين على الأكياس يبلغ 500 رطل / بوصة تقريبا، ويتم ذلك باستخدام معاصر هيدروليكية ، ويسمى الزيت الناتج بالبكر، ويتميز بجودته وصفاته الممتازة .
- (6) يرفع الضغط المطبق على الأكياس حتى يصبح بحدود 1500 رطل لكل بوصة .
- (7) يجمع السائل الناتج من العصر في أحواض كبيرة مجهزة بفتحات سفلية ويترك السائل حتى يطفو الزيت ويفصل ، أما السائل المتكون فيسحب من الأسفل ، ويتم هذه العملية في خلال أسبوع .
- (8) يغسل الزيت بالماء الفاتر من أجل إزالة المواد ذات الطعم المر القابلة للذوبان في الماء .
- (9) تفصل بقايا الماء والمواد الأخرى العالقة بالزيت باستخدام جهاز الطرد المركزي .

(10) يخزن الزيت بضعة أسابيع من أجل تعتيقه وإكسابه الرائحة والنكهة المطلوبتين ، وبعد ذلك يعبأ الزيت في أوعية مناسبة لا يتخللها النور ، ويجب أن تكون الأوعية محكمة الإغلاق، لأن وجود الهواء يؤدي إلى ترنخ الزيت .

### عمليات التنقية والمعالجات اللاحقة :

تتميز الزيوت النباتية الخام الناتجة بواسطة أجهزة العصر، أو أجهزة الاستخلاص بالمذيبات بأنها غير صالحة للطعام بسبب احتوائها عددًا من الشوائب غير المرغوب بها ، مثل الراتنجات، والأحماض الدسمة الحرة ، والستيروولات ، والفوسفاتيدات، والمواد الصبغية .

لذلك يجب معالجة هذه الزيوت حتى تصبح صالحة للاستهلاك البشري ، وتتضمن معالجة الزيوت النباتية الخام الخطوات الآتية :

#### أ- التكرير ( التنقية القلوية ) :

يقصد بكلمة التكرير: كل العمليات التي تهدف إلى إزالة الأحماض الدهنية الحرة، والفوسفاتيدات، والمواد الراتنجية ، والستيروولات، والمواد الصبغية التي تلون الزيت .

وتتم العملية بإضافة ماءات الصوديوم إلى الزيت الخام ، فيتشكل بذلك الصابون وتترسب الفوسفاتيدات ، وتنصبن الراتنجات ؛ أما المواد الصبغية والستيروولات فإنها تجرف مع الصابون ، وتحدد كمية القلوي المضافة استنادًا إلى قرينة الحموضة .

ففي حالة وجود نسبة عالية من الأحماض الحرة نستخدم محاليل قلوية مركزة ، وفي حالة وجود نسبة منخفضة من الأحماض الحرة نستخدم محاليل قلوية مخففة .

وتجرى حاليًا هذه الطريقة باستعمال أجهزة الطرد المركزي ، حيث يمرر الزيت ومحلول الصودا الكاوي عبر خلاط لمزجهما مزجًا جيدًا ، ثم يؤخذ المزيج إلى أجهزة الطرد المركزي التي تفصل الزيت عن الصابون .

ثم يغسل الزيت بالماء الساخن لإزالة بقايا الصابون العالقة به ، ثم يمرر ثانية في أجهزة الطرد المركزي لفصل الماء ، أما الزيت فيؤخذ لإزالة أي أثر للماء ليذهب من ثم إلى قسم التبييض ، أما الصابون الناتج فيؤخذ إلى أحواض خاصة ويسمى بحتالة الزيت ، ويستخدم في صناعة الأنواع الرديئة من الصابون.

وفي حالة عدم توافر ماءات الصوديوم اللازمة لعملية التكرير ، فيمكن استخدام كربونات الصوديوم ، أو ماءات الكالسيوم ، أو يمكن استخدام بعض القواعد العضوية ، مثل : الأمينات التي تستخدم كمواد للتكرير لفعالها الاختياري تجاه الأحماض الحرة .

#### ب- إعادة التكرير :

تؤدي عملية إعادة التكرير لبعض الزيوت الداكنة - الناتجة من بذور زيتية تالفة - إلى تحسين لونها . ويكرر زيت بذور القطن منخفض الجودة أولاً بمحلول قلوي لماءات الصوديوم متوسط التركيز ، ثم يعاد تكريره ثانيًا بكمية أقل من محلول قلوي ، ولكنه ذو تركيز أعلى من المحلول الأول .

وقد يتبع في بعض الأحيان طريقة صناعية أخرى في تكرير الزيوت ، وهي التكرير باستخدام محلول قلوي بوجود مذيب عضوي مثل محلول البروبان ، وهي طريقة حديثة ومتطورة ، ويبلغ الفقد في الزيت المتعادل أقل من

0.2% تقريبًا، وهذه الطريقة مهمة جدًا عند تكرير زيت السمك الذي يمتاز بالغنى بالفيتامينات، والذي يحتوي الجرام منه على 30000 وحدة فيتامين A .

### ج- التبييض :

التبييض هي: عملية إزالة اللون، أو هي قصر الألوان والتخلص من الصبغات الطبيعية الموجودة في الزيت، وتستعمل لأجل ذلك مواد دامصة بالغة النعومة تسمى مساحيق التبييض الطبيعية .

ويعد مسحوق الفحم الفعال من المواد التي تملك القدرة الجيدة على امتصاص الأصبغة وتتم العملية بحيث يسخن الزيت إلى ما بين ( 65 و 80°م ) في خزان التبييض، ويضاف إليه كمية قليلة من الفحم الفعال، ويجري تحريك المزيج بواسطة خلاط ميكانيكي مدة نصف ساعة .

يؤخذ الزيت الناتج من خزان التبييض إلى مجفف ذي ضغط منخفض، وبدرجة حرارة 110°م من أجل إزالة الرطوبة الموجودة مع مسحوق التبييض ، ثم يؤخذ الزيت إلى مرشح لفصل المواد الدامصة عن الزيت ، ثم يدخل الزيت المصفي إلى مجفف ثان لإزالة بقايا آثار الرطوبة ثم يرشح فيصبح بذلك لون الزيت أصفرًا فاتحًا .

### د- إزالة الرائحة :

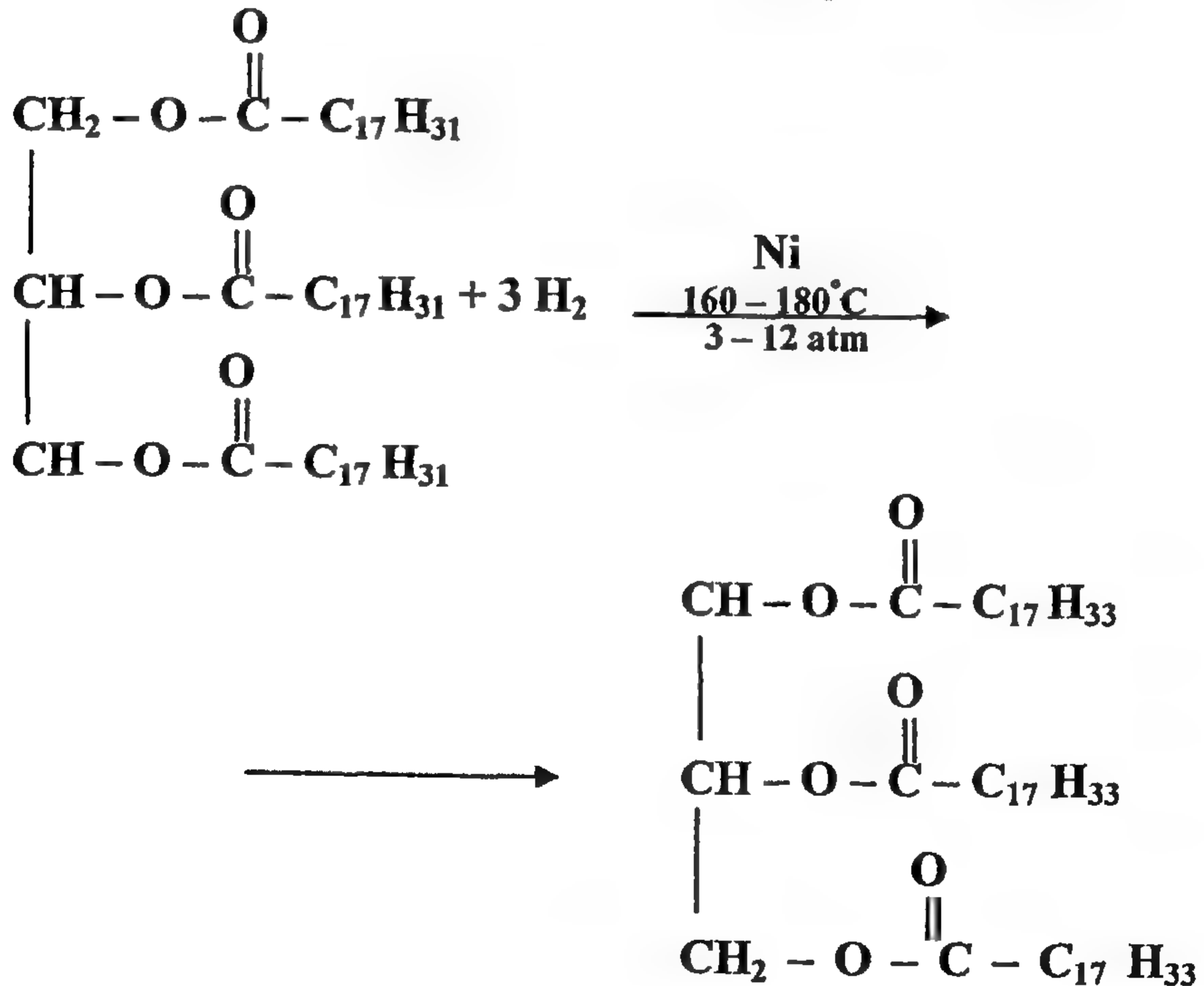
تحتوي معظم الزيوت النباتية على مركبات تكسبها روائح غير مرغوب بها؛ لذلك كان لابد من إجراء عملية إزالة الرائحة لجعل الزيت ذا رائحة محببة، وتتم هذه العملية بنفخ البخار المحمص عبر الزيت المسخن في جهاز إزالة الرائحة تحت الضغط المخفف ، حيث يتم جرف النواتج الطيارة بالبخار، مثل: الكيتونات والألدهيدات .

إن استخدام الضغط المخفف يؤدي إلى تقليل كمية البخار المستخدمة كما يؤدي إلى حماية الزيت الساخن من الأكسدة بالهواء ، وتجري هذه العملية كثيرًا على الزيوت البحرية عمومًا؛ لأنها ذات رائحة قوية لذلك يصعب تناولها قبل إجراء عملية إزالة الرائحة عنها .

وتتراوح درجة الحرارة في أثناء عملية إزالة الرائحة ما بين ( 200 و 210 )°م وتحتاج إلى مدة من الزمن تتراوح ما بين ( 8 و 12 ) ساعة بحسب نوعية الزيت المستخدم .

#### هـ - الهدرجة :

تتم هدرجة الزيت النباتي بإضافة الهيدروجين المباشرة إلى الروابط المضاعفة الموجودة في الزيوت :

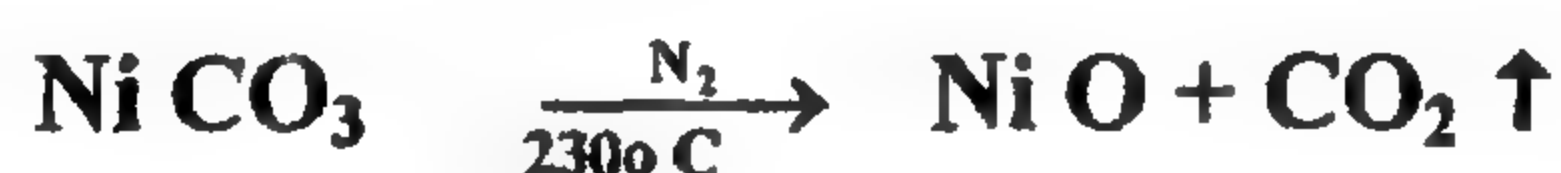




وبالتالي فالهدرجة تسمح بتحويل الأحماض الدسمة غير المشبعة إلى أحماض أكثر إشباعًا ، وبذلك تتحول المادة السائلة إلى مادة نصف صلبة بحسب درجة الهدرجة ، وتستخدم هدرجة الزيوت من أجل صناعة المرجرين ( السمن النباتي ) .

وتتحول أغلب الزيوت، مثل: زيت بذور القطن، وزيت فول الصويا، وزيت نوى النخيل بواسطة الهدرجة إلى مواد دسمة نصف صلبة ، ونجد أن تفاعلات الهدرجة ناشرة للحرارة؛ لذلك تستخدم الحرارة المنطلقة من أجل تسخين الزيت .

وتستعمل معادن المجموعة VII A وسائط في تفاعل الهدرجة مثل ،  $\text{Ni}$  ،  $\text{Fe}$  ،  $\text{Pd}$  ، أو يمكن استعمال النحاس، والكروم، والكوبالت أيضًا في تفاعلات الهدرجة، ويعد مسحوق النيكل من أفضل الوسائط المستخدمة نظرًا لانخفاض سعره، ويحضر النيكل اللازم لعملية الهدرجة من التفكك الحراري لأملح النيكل، مثل: خلاص النيكل، أو نملاية، أو كربوناته، أو كبريتاته :



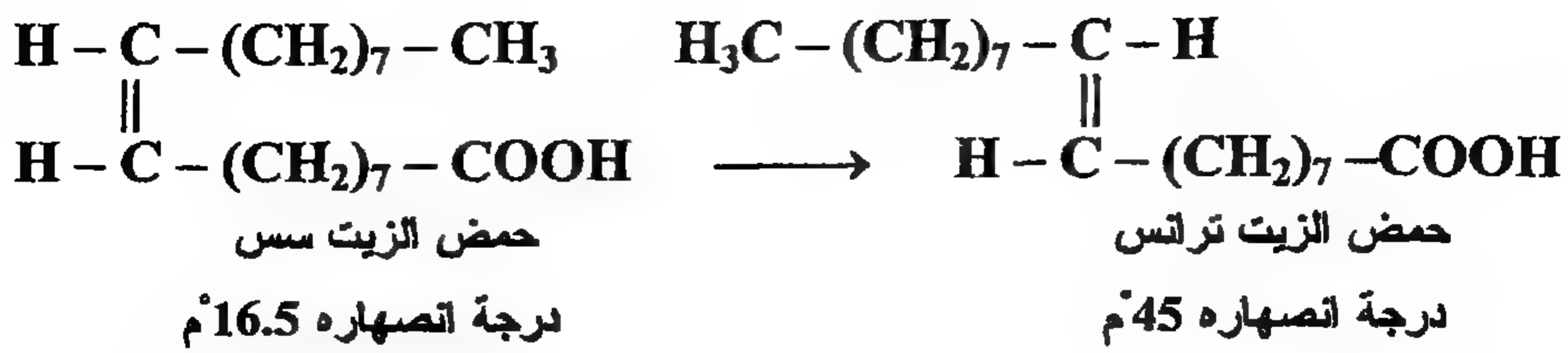
ويؤخذ أكسيد النيكل وتجري له عملية إرجاع بالهيدروجين مدة ( 3 )

ساعات فينتج معنا بذلك النيكل الفعال :



وتبلغ نسبة الوسيط في أثناء تفاعل الهدرجة ما بين ( 0.1، 0.05 %) م

من وزن الزيت ، ويرافق تفاعلات الهدرجة عادة تفاعلات تماكب تؤدي إلى زيادة درجة انصهار المادة انصهارًا ملحوظًا مثل التفاعل الآتي :



وهناك ظاهرة أخرى تحدث أثناء تفاعلات الهدرجة وهي الانتقالية في الإشباع ، وهي تفاعل الهيدروجين مع روابط مضاعفة معينة قبل تفاعله مع الروابط المضاعفة الأخرى ، ويؤثر على ذلك الوسيط المستعمل ، ويسبب النيكل انتقائية عالية في الإشباع .

وتتم عملية الهدرجة ضمن مفاعلات مصنوعة من الفولاذ . وتملك المفاعلات شكلاً أسطوانياً يتراوح سعته بين 6 و 15 طناً ، وهي مزودة بخلاطات مروحية ، والمفاعلات مزودة بوشائع للتسخين وبملفات للتبريد .

ويملاً المفاعل بالزيت النباتي تحت الضغط المخفف ثم نضيف إليه وسيط النيكل، ونسخن ذلك تحت الضغط المخفف من أجل إزالة الرطوبة الموجودة في الزيت وسحب الهواء ، وعند الوصول إلى الدرجة 150°م تقريباً يمرر الهيدروجين ويسمح له بالانتشار داخل المفاعل .

ويجب أن يكون الضغط في هذه الحالة ما بين 10 و 20 رطل / بوصة 2 ، ويوقف التسخين عند الدرجة 170°م ولا يسمح له بالارتفاع إلى أكثر من ذلك، أما إذا دعت الحاجة إلى التبريد فإننا نستعمل سريعاً ملفات التبريد من أجل الحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة .

ويجب التنبيه إلى ضرورة الخلط الجيد بين الهيدروجين والمواد الدسمة في أثناء تفاعل الهدرجة . وتتراوح الهدرجة وتتراوح مدة هذه المرحلة ما بين 40 و 60 دقيقة بدرجة من الحرارة تقارب 175°م وضغط يبلغ 3 ضغط جو،

ونستدل على نهاية تفاعل الهدرجة من تقدير درجة الانصهار أو من الرقم اليودي أو من معامل الانكسار .

وعند الانتهاء من تفاعل الهدرجة نبرد المفاعل تحت الضغط المخفف ، لأن تعريض المواد الدسمة الساخنة للهواء يسبب تأكسدها وتحولها إلى اللون الداكن . يضاف إلى الزيت المهدرج عوامل التبييض، ويرشح بعد ذلك لإزالة آثار الوسيط، ثم يجري للزيت المهدرج عمليات التنقية المعروفة .

وبعد ذلك نضيف المواد المكسبة للنكهة مثل مادة ثنائي الأسيتيل ، ثم يضاف أخيراً صباغ الأصفر النفثولي لإعطاء اللون المناسب ، ثم يبرد المزيج ويصب في أوعية مناسبة إلى أن تصبح درجة حرارته مساوية للدرجة العادية من الحرارة، وبذلك يكتسب قواماً دهنيًا متماسكاً .

## التزنخ :

عند تعرض الشحوم والزيوت إلى الهواء الرطب ولمدة طويلة من الزمن فإنها تتزنخ . بمعنى أنها تتحول إلى مواد غير مقبولة الطعم أو الرائحة، ويرجع سبب التزنخ إلى حدوث تحلل جزئي للدهون والزيوت فينتج من ذلك انفصال الأحماض الدهنية بالإضافة إلى تكون أحماض وألدهيدات وكيثونات وأكاسيد فوقية .

## أنواع التزنخ :

### (أ) التزنخ التحللي :

ثبت أن ظواهر التزنخ المائي ( التحللي ) انخفاض نقطة تدخين الزيت ، وفيه تتحلل الزيوت والدهون إلى أحماض حرة

وجليسرين . والأحماض الدهنية الناتجة تملك روائح غير مرغوب بها مثل: رائحة الماعز، ورائحة الصابون، وقد يحدث هذا التحلل المائي نتيجة وجود أنزيم الليباز .

ويوجد أنزيم الليباز في الزيوت المستحصل عليها بطريقة العصر ، أما الزيوت المستحصل عليها بالمذيبات العضوية فإنها لا تحتوي على خميرة الليباز لذلك تعد صعبة التزنخ؛ أما الدهون الحيوانية فإنها تتزنخ فقط إذا كانت ملوثة بالفطريات التي تفرز أنزيم الليباز .

ولمنع حدوث هذا التزنخ يجب أن نعمل على نزع أي آثار من الرطوبة، وأن نعامل الزيت حرارياً لقتل جميع الأنزيمات والفطريات الموجودة في الزيت، وأن نضيف بعض المواد الحافظة مثل أملاح البنزوات لمنع نشاط الأحياء الدقيقة.

#### (ب) التزنخ التأكسدي :

يحدث هذا النوع من التزنخ نتيجة تعرض المواد الدهنية إلى أكسجين الهواء حيث يهاجم الأكسجين الروابط المضاعفة في الأحماض الدهنية غير المشبعة فيتشكل بذلك جذور حرة قادرة على تنشيط التفاعل بسرعة كبيرة .

كما أن إضافة الأكسجين إلى الروابط المضاعفة يؤدي إلى تكوين مركب غير ثابت يعرف باسم البيروكسيد وهو مركب غير ثابت سرعان ما يتحول إلى هيدروبيروكسيدات وجذور حرة تسرع التفاعل .

أما الهيدروبيروكسيدات فإنها تتفكك إلى ألدهيدات وكي-tonات ذات روائح كريهة تكسب الزيت أو الدهن نكهة زنخة المعروفة، وهذا التفاعل سلسلي يبدأ بإنتاج الجذور الحرة ويصعب وقفه إذا بدأ، ويساعد على حدوث هذا النوع من

التزنخ : ارتفاع الحرارة ، ووجود المعادن الثقيلة كالحديد والنحاس ، وتوافر الهواء والأكسجين والضوء.

العوامل التي تقلل من حدوث التزنخ :

هناك عدة خطوات يجب أخذها بعين الاعتبار لمنع حدوث تزنخ الدهون أو الزيوت وهي :

- (1) وضع المواد الدسمة في مكان درجة حرارته منخفضة مثل الثلاجات.
- (2) تعقيم المواد الدسمة باستخدام الحرارة والضغط المخفف من أجل إبعاد البكتيريا والفطريات عنها .
- (3) إضافة مواد ضد التأكسد للمواد الدسمة مثل الهيدروكينون حيث تتفاعل هذه المواد والبيروكسيدات ومن ثم تمنع حدوث التزنخ .
- (4) وضع المواد الدسمة في أوعية مغلقة إغلاقاً تاماً من أجل ألا يتسرب إليها الأكسجين أو النور .

استخلاص الزيوت البحرية :

من المعروف أنه يوجد مصدران للزيوت البحرية: الأول: أكباد الحيتان والثاني أجسام بعض الأنواع من الأسماك، وزيت كبد الحيتان هو الأكثر انتشاراً ويمتاز باحتوائه على فيتامين A و D بنسبة عالية، وتتراوح نسبة الزيت في كبد الحوت ما بين 40 و 60% .

أما نسبة المواد غير القابلة للتصبن في زيت كبد الحوت فتتراوح ما بين 1 و 12% . والمواد غير القابلة للتصبن والموجودة في زيت الحيتان هي الستيرويدات والكوليسترول والسكوالين .



وتحتوي أحشاء الأسماك على نسبة منخفضة من الزيت .  
وتعمل نسجها على الاحتفاظ به بطريقة لا يفيد معها اتباع طرق  
استخلاص زيت الكبد، وتتم الطريقة الصناعية لاستخلاص زيت كبد  
الحوث كما يلي :

تهرس خلايا الكبد باستخدام ماكينة فرم ، ثم تنقل الكبد المفرومة إلى  
حوض الاستحلاب حيث يمرر عليها بخار محمص درجة حرارته بحدود  
116°م، بعد ذلك يخفف الضغط فجأة مما يؤدي إلى انفجار خلايا الكبد وانسياب  
الزيت منها .

ثم ينقل المزيج إلى جهاز طارد مركزي لفصل الشوائب عن  
الزيت ، ثم يعاد إمرار الزيت على جهاز طرد مركزي آخر من أجل  
تروييقه . والزيت الناتج بهذه الطريقة يكون جيد ، وقد تستخدم عمليات  
الاستخلاص باستخدام المذيبات العضوية إذا ما كان المطلوب الحصول على  
مردود ممتاز .

#### مواصفات الزيوت المهدرجة والمرجرين :

وهي الزيوت النباتية أو الحيوانية والمحوّلة من الحالة السائلة إلى الحالة  
الصلبة عن طريق معالجتها بالهيدروجين بوجود وسيط النيكل وعند تحضير  
المرجرين عموماً لا يستخدم نوع واحد من الزيوت، بل يلجأ في أغلب الأحيان  
إلى تحضير مزيج من عدة أنواع من الزيوت، مثل زيت بذرة القطن، وزيت  
فول الصويا، أو زيت بذرة القطن، وزيت فول الصويا، وزيت نوى النخيل ،  
حيث يؤخذ المزيج كله ويهدرج .

والمرجرين عبارة عن خليط من مختلف الزيوت النباتية المهدرجة  
مضاف إليه بعض مشتقات الألبان، مثل: القشدة، أو اللبن الكامل الدسم، أو اللبن



المجفف علاوة على ذلك يضاف زيت السمسم من حيث هو مادة مميزة بنسبة 15% من الزيوت الكلي .

أما في المرحلة الأخيرة فتجري إضافة المواد الآتية : فيتامين A، وفيتامين D ، ومواد منكهة صناعية/ مثل ثنائي الأسيتيل والليسيثين، بحيث لا تتجاوز نسبته 0.5% من الوزن الكلي وكلوريد الصوديوم بحيث لا تزيد نسبته على 2% من الوزن الكلي ومواد ملونة صناعية، مثل: الأصفر النفثولي، أو صبغة الأناتو .

### مجالات استخدام المواد الدهنية :

يستهلك العالم سنويًا 70% من المواد الدهنية استهلاكًا غذائيًا . وتستخدم الزيوت الصالحة للطعام، مثل: زيوت القطن، والصويا، والزيتون، والذرة، وعباد الشمس في الأكل والطبخ والقلبي، أما المواد الدهنية المهدرجة، مثل: المرجرين فتستخدم فقط في الطبخ .

أما زيوت الأسماك فتستخدم لأغراض طبية نظرًا لاحتوائها على نسبة عالية من الفيتامينات، أما النسبة المتبقية من الإنتاج الكلي والبالغة 30% فإنها تذهب إلى الصناعة، حيث تستخدم المواد الدهنية في صناعة الدهانات والورنيش بوصفها زيوتًا جافة، مثل: زيت الكتان وزيت القنب .

ولكن زيت الخروع يستخدم في الطب مضافًا للإسماك ، كما يستعمل زيت الخروع أيضًا في صناعة مستحضرات التجميل مثل الكريمات، أما معظم الزيوت والدهون غير الصالحة للاستهلاك البشري فتستخدم في صناعة الصابون، مثل: الدهون والشحوم لدى البقر والخنزير ، وزيت جوز الهند وبقايا زيت الزيتون ، أما ما تبقى من المواد الدهنية فإنها تحول إلى أحماض دهنية تستخدم في صناعة المنظفات استخدامًا واسعًا .

\* \* \*

## الأسئلة

- 1- اكتب مذكرات وافية عن كل مما يأتي :  
أ- الجليسيريدات البسيطة .  
ب- الجليسيريدات المختلطة .
- 2- تكلم عن الخواص العامة للزيوت والدهون مستعيناً بالمعادلات .
- 3- وضح بالتفصيل التركيب الكيميائي للمواد الدسمة، مثل: الأحماض المشبعة، وغير المشبعة، والفوسفاتيدات، والشموع، والستيرويدات والمواد الصباغية
- 4- بين بالشرح الوافي الخواص الكيميائية للمواد الدهنية، مثل: تأثير الهواء، والأكسجين، وأكسدة الزيوت الجافة، والمواد الدسمة العادية، وكذلك تأثير كل من: الهيردروجين - الحرارة - القلويات - الكحولات والكبريت .
- 5- بين كيف يمكن استخلاص الزيوت النباتية .
- 6- اذكر بالتفصيل الخطوات المختلفة المتبعة في :  
أ- إنتاج زيت بذر القطن بالعصر والاستخلاص بالمذيبات .  
ب- تحضير زيت الزيتون .
- 7- " من عمليات التنقية والمعالجات اللاحقة نجد التكرير، وإعادة التكرير، والتبييض، وإزالة الرائحة ، والهدرجة " اشرح العبارة السابقة شرحاً وافياً مستعيناً بالمعادلات .
- 8- تكلم عن ظاهرة التزنخ . وأنواعه المختلفة، وكذلك العوامل التي تقلل من حدوث التزنخ .

9- اكتب مذكرات علمية وافية عن كل مما يأتي :

أ- استخلاص الزيوت البحرية .

ب- مواصفات الزيوت المهدرجة والمرجرين .

ج- مجالات استخدام المواد الدهنية .

\* \* \*

## الباب العاشر

### صناعة الأحماض الدهنية

#### مقدمة :

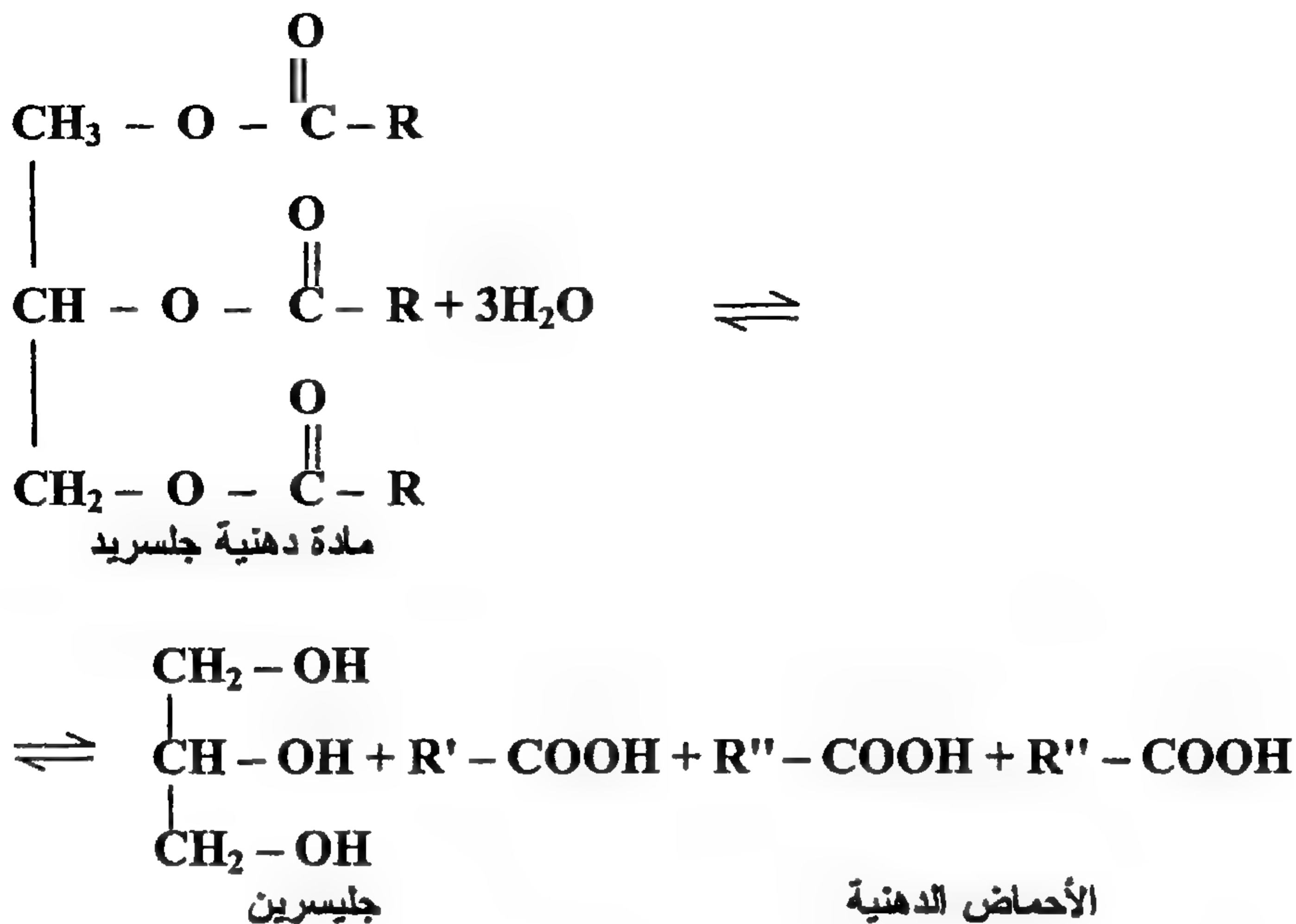
تعرف الأحماض الدهنية بأنها أحماض أحادية الكربوكسيل ذات سلاسل مستقيمة، سواء كانت مشبعة، أو غير مشبعة . وعمومًا تسود الأحماض التي تحوي ما بين ( 6 إلى 32 ) ذرة كربون في الشحوم والدهون والزيوت، أما الأحماض ذات السلاسل المتفرعة فتوجد بكميات قليلة في المواد الدسمة .

وتعد الزيوت النباتية والشحوم الحيوانية المصدر الرئيسي للأحماض الدهنية . وما زالت طرق الحصول عليها من المواد الدهنية هي الأكثر شيوعًا منذ عهد قريب . وحديثًا انتشرت صناعة الأحماض الدهنية انتشارًا واسعًا من أكسدة البرافينات نظرًا لزيادة استهلاك المنظفات الصناعية .

وتستخدم اليوم الأحماض الدهنية في الكثير من الصناعات الكيميائية العضوية، سواءً أكانت حرة، أم كانت على شكل أملاح .

#### إنتاج الأحماض الدهنية من التحلل المائي للمواد الدهنية :

إن عملية التحلل المائي للمواد الدهنية تعطي الجليسرين والأحماض الدهنية . وتعد المواد الدهنية مثلًا : كالشحوم والدهون الحيوانية : مثل شحوم البقر والخنزير من أهم مصادر المواد الدسمة والمستعملة لإنتاج الأحماض الدهنية لرخص ثمنها . ويعبر عن معادلة التحلل المائي بما يأتي :



ونجد أن الاتزان في المعادلة السابقة يعتمد أولاً على تركيز الجليسرين ( في الطبقة المائية ) ، ودرجة الحرارة، والضغط في أثناء إجراء التفاعل ، أي يجب إزالة الماء الذي يحوي الجليسرين من وسط التفاعل وإضافة ماء عادي ثاني من أجل الوصول إلى درجة تصل إلى 99% .

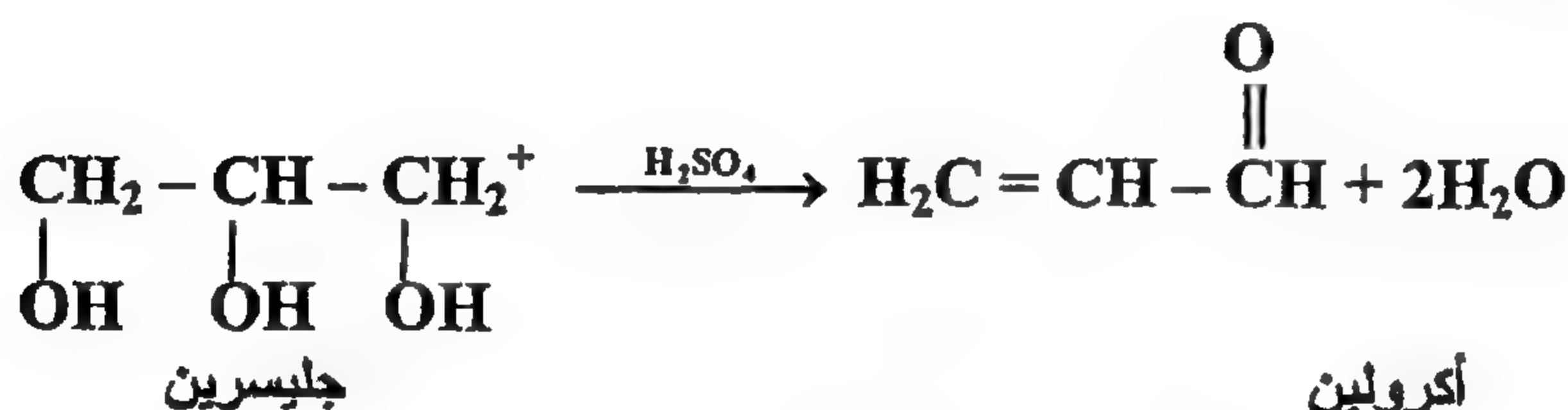
وعموماً تزداد سرعة التحلل المائي بازدياد درجة الحرارة ؛ لذلك يفضل إجراء التفاعل السابق في درجة حرارة 200°م ، وكذلك يساعد الضغط على زيادة سرعة العملية ، وفي الصناعة يلجأ عادة إلى استعمال إحدى الطريقتين السابقتين ( الضغط أو الحرارة ) ، التحلل المائي على أنواع :

## (1) التحلل المائي الحامضي :

نستخدم هذه الطريقة إذا كانت المواد الدهنية من النوع الرديء وتكون الطريقة الصناعية كما يأتي : بحيث نسخن المواد الدهنية حتى الوصول إلى درجة 100°م ، ومن ثم يضاف إلى المواد الدهنية حمض الكبريت المركز بنسبة 5% من وزن المواد الدهنية ، ثم نسخن ما سبق بواسطة البخار الجاف الذي يدخل من أسفل المفاعل .

حيث يقوم البخار في هذه الحالة بعملية التحريك بالإضافة إلى عمله من حيث هو مسخن ويجب الحفاظ على درجة حرارة بحدود 110°م لمدة (10) ساعات حتى الحصول إلى تحلل مائي كاملة للمواد الدهنية .

ويؤثر حمض الكبريت بشكل مباشر في الجليسرين الناتج ، لأن حمض الكبريت يعمل على نزع الماء من الجليسرين ليشكل الأكرولين كما بالمعادلة التالية :



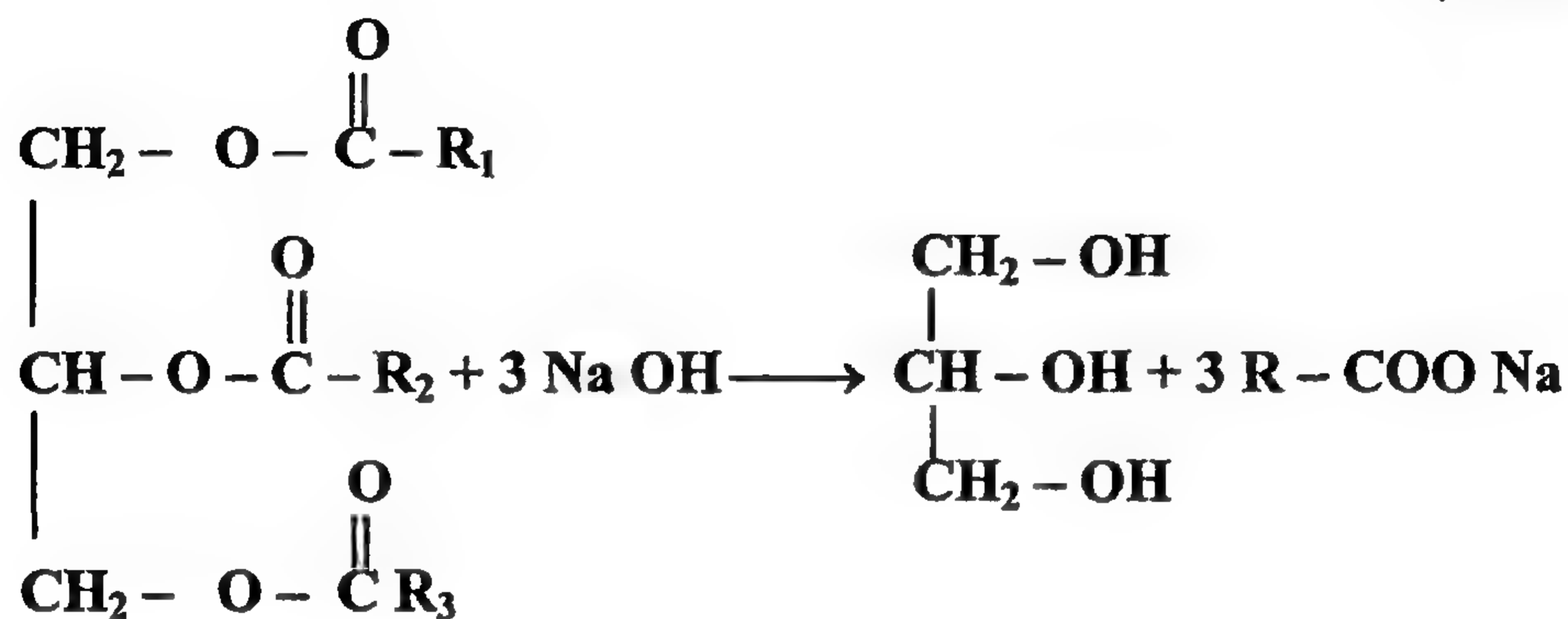
لذلك يعد الجليسرين الناتج بهذه الطريقة من الأنواع الرديئة نظراً لاحتوائه الأكرولين .

## (2) التحلل المائي القلوي :

يقوم مبدأ هذه الطريقة على تصبن المواد الدهنية بالمحاليل القلوية، مثل: هيدروكسيد الصوديوم، أو هيدروكسيد البوتاسيوم، أو هيدروكسيد الكالسيوم ، حيث نحصل على الصابون والجليسرين .



ثم نقوم بعد ذلك بفصل الصابون ونفاعله مع حمض الهيدروكلوريك الماء فتتحرر بذلك الأحماض الدهنية وكلوريدات المعادن الموجودة في القسم الشرجي للقلويات مثل كلوريد الصوديوم إذا كنا نستخدم هيدروكسيد الصوديوم .



يفصل الصابون باستخدام محلول مشبع من ملح الطعام، ثم نضيف بعد ذلك حمض الهيدروكلوريك، أو حمض الكبريتيك حيث تتشكل الأحماض الدهنية والأملاح الموافقة التي تفصل عن الأحماض الدهنية بانحلالها في الماء ، على حين لا تتحلل الأحماض الدهنية في الماء :



وهذه الطريقة هي أيضاً طريقة قديمة والجليسرين الناتج منها من النوع الرديء .

### (3) التحلل المائي المستمر :

وهي طريقة حديثة واقتصادية وذات مردود جيد وتتخلص هذه الطريقة صناعياً بما يأتي : حيث تدخل المواد الدهنية إلى المفاعل وهي بدرجة 250°م وبضغط 50 جو ، ثم يضخ من الجهة المعاكسة للمفاعل تياراً من الماء الساخن.

ويفضل وضع مسحوق أكسيد الزنك كعامل حافظ مما يزيد في سرعة التحلل المائي .

تسحب الأحماض الدهنية والصابون من أعلى المفاعل ، أما الماء الحاوي على الجليسرين فيتم سحبه من أسفل المفاعل، وهذه الطريقة تستغرق وقتاً أقصر من الطرق السابقة ( بحدود ثلاث ساعات ) وهي تتميز بإنتاج محلول عالي الجودة من الجليسرين . ونحصل على نسبة 98% من الأحماض الدهنية الناتجة بطريقة التحلل المائي المستمر .

### تنقية المواد الدهنية :

معظم الأحماض الدهنية الناتجة بطريقة التحلل المائي تحتوي على شوائب مثل الماء؛ لذلك نلجأ إلى تقطير الأحماض الدهنية حتى نحصل على أحماض دهنية نقية قدر الإمكان ، وتتم عملية التنقية في أبراج تبخير خاصة لإزالة الماء العالق بالأحماض الدهنية، ثم تؤخذ الأحماض الدهنية بعد ذلك إلى أبراج التجفيف من أجل إزالة الماء الباقي، ثم تدخل إلى أبراج التقطير تحت الضغط المخفف مع وجود حرارة تبلغ بحدود 230°م .

تتبخر الأحماض الدهنية عند هذه الدرجة حيث تؤخذ بعد ذلك إلى مكثف حيث نحصل على نواتج التقطير الخفيفة التي تحوي على الأحماض الدهنية ، أما نواتج التقطير الثقيلة فتؤخذ من أسفل المكثف وتحوي أحماضاً دهنية ثقيلة وصابوناً .

إن الأحماض الدهنية الناتجة من التقطير تحتوي مزيجاً من الأحماض غير المشبعة؛ والمشبعة لذلك يفضل تجزئتها إلى عدة قطعات باستخدام التقطير

المجزأ ، الذي يمكن به فصل الأحماض الدهنية عن بعضها البعض وهي تختلف عن بعضها بذرتي كربون على الأقل .

**صناعة الأحماض الدهنية من أكسدة البرافينات :**

إن تفاعلات الأكسدة الانتقائية للبرافينات هي من التفاعلات المهمة للحصول على الأحماض الدهنية ولهذا الغرض يفضل أخذ سلاسل برفينية من  $C_{18} - C_{35}$  . ويتم الحصول عليها من القطفات البترولية .

ويُفضل عدم احتواء البرافينات على فروع جانبية أو مركبات عطرية؛ لأن الفروع تعطي أحماضًا ذات وزن جزيئي منخفض أما المركبات العطرية فإنها تبطئ من تفاعلات الأكسدة التي تحدث في الحالة السائلة بدرجة تتراوح ما بين ( 110 و 120 ) °م باستخدام الأكسجين مؤكسدًا بوجود أملاح المنجنيز كعوامل حفازة .

إن تفاعل الأكسدة طارد للحرارة ، والحرارة تزيد من سرعة التحول، ولكن تسبب انخفاضًا في انتقائية التفاعل ، أما الضغط فإنه يؤثر تأثيرًا بسيطًا في زيادة سرعة التفاعل ، ويُفضل عادة إجراء التفاعل تحت الضغط الجوي العادي .

وينتج من خلال تفاعلات الأكسدة مركبات ذات وزن جزيئي منخفض هي مركبات ثانوية، مثل: الكحولات، والكيونات، والأحماض الثنائية الكربوكسيل، وثاني أكسيد الكربون، وأول أكسيد الكربون .

**تفاعلات أكسدة البرافينات والحصول على الأحماض الدهنية :**

تحدث تفاعلات الأكسدة بآلية معقدة ، حيث يتشكل في البداية المركب المرحلي  $R - O - O - H$  وفق التفاعل الآتي :



برمنجنات البوتاسيوم (  $\text{KMnO}_4$  ) تركيز 15% وبنسبة 0.3% من وزن البرافينات .

ثم ندخل الهواء إلى المفاعل من الأسفل حتى يتخلل في الشمع البرافيني ، ونثبت درجة حرارة التفاعل بحدود 115°م ونراقب قرينة الحمضية للتفاعل ، وعندما نصل إلى قرينة تصبن بحدود 110°م تقريبًا نسحب نواتج التفاعل من أعلى المفاعل .

وبذلك نحصل على أحماض دهنية أحادية الكربوكسيل بنسبة 35% ، أما نسبة الأحماض الدهنية متعددة الكربوكسيل فتبلغ بحدود 5% بالإضافة إلى نواتج منخفضة الوزن الجزيئي، مثل: الميثانول، وحمض الخليك، وأول أكسيد الكربون (  $\text{CO}$  ) ، وثاني أكسيد الكربون (  $\text{CO}_2$  ) .

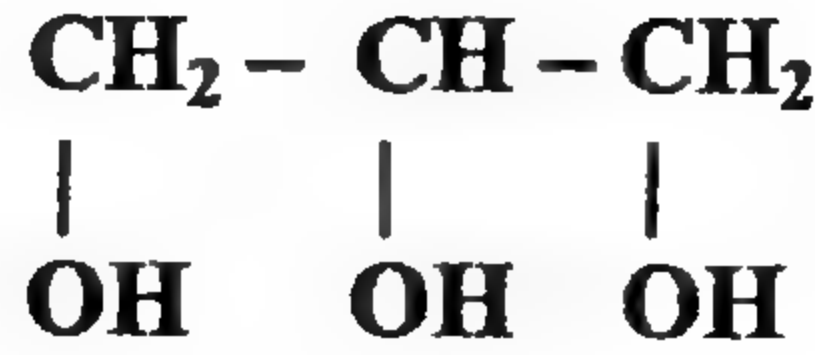
وتتراوح مدة التفاعل السابق من ( 22 إلى 24 ) ساعة ، أما استهلاك الهواء فيقدر بحدود 50 م<sup>3</sup> / طن، وتؤخذ نواتج الأكسدة بعد التخلص من ثنائي أوكسيد المنجنيز (  $\text{MnO}_2$  ) إلى أبراج تقطير وفصل ؛ لفصل المواد الثانوية عن الأحماض الدسمة .

### الاستعمالات الصناعية للأحماض الدهنية :

تستخدم الأحماض الدهنية استخدامًا رئيسًا لإنتاج الأملاح الموافقة مثل ستيارات الزنك التي تستخدم في صناعة مواد التجميل مثل بودرة الوجه وأقلام الكحلة ( الميش ) ، وكذلك تستخدم من أجل صناعة الصابون الكالسيومي المستعمل أولاً في صناعة النسيج .

## صناعة الجليسرين :

الجليسرين هو مركب كيميائي ينتمي إلى فصيلة الكحولات ثلاثية الهيدروكسيل نظراً لاحتوائه على ثلاث مجموعات هيدروكسيلية :



أما الاسم العلمي للجليسرين فهو : 1،3،4 - تريول بروبان .

والجليسرين عبارة عن سائل شفاف لزج طعمه حلو عديم اللون والرائحة، يغلي في الدرجة 290.5°م، وتبلغ كثافته بحدود 1.26 جم / مل ، ويمتص رطوبة الجو ، ويستحصل عليه بعدة طرق .

### طرق الحصول على الجليسرين :

أ- الحصول على الجليسرين من التحلل المائي للمواد الدهنية :

إن تفاعل التحلل المائي للمواد الدهنية هو من التفاعلات المهمة للحصول على الجليسرين، وتتم عملية التحلل المائي في مفاعلات معدنية عند درجة حرارة 200°م تقريباً وبوجود ضغط 45 ضغط جوي . باستخدام تيار مائي .

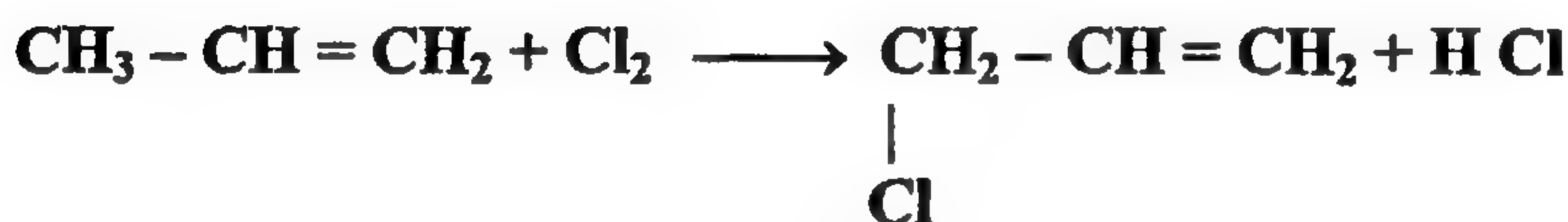
وبعد الانتهاء من التحلل المائي نأخذ الماء الذي يحوي على الجليسرين بنسبة 12% إلى مبخرات مؤلفة من ثلاث مراحل . حتى نحصل على جليسرين بتركيز 80% تقريباً . نقوم بعد ذلك باختزال الشوائب الدهنية عند الدرجة 200°م عن طريق ترويق الجليسرين .



وأخيراً يخضع المزيج لعملية تقطير عند الدرجة 200°م مع إضافة كمية قليلة من هيدروكسيد البوتاسيوم لتصبين الأحماض الدهنية إن وجدت ، ثم نكثف القطارة في خلال مراحل عدة حتى نحصل على جليسرين بنقاوة 99% ، وإذا كان الجليسرين الناتج ذا لون معين فإنه يلجأ إلى عملية إزالة اللون باستخدام الفحم الفعال .

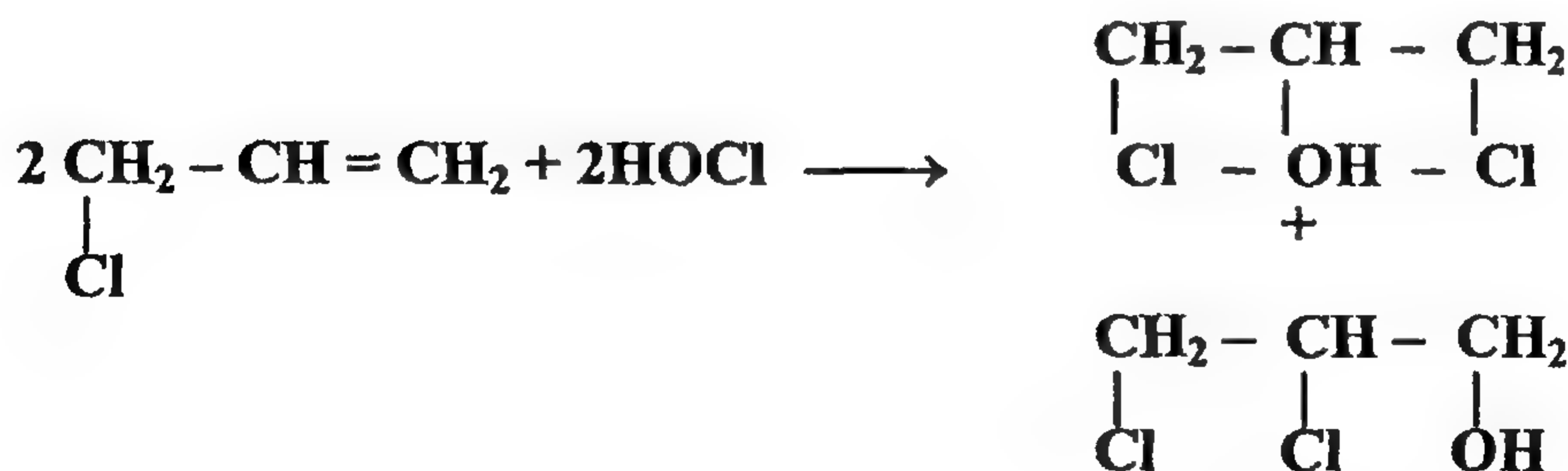
#### ب- صناعة الجليسرين من المواد البتروكيميائية :

وهي من الطرق الحديثة ونستخدم لذلك مادة البروبيلين ، كمادة أساسية وتتم العملية الصناعية وفق ما يأتي : نكلور البروبيلين تحت الضغط النظامي وعند الدرجة 500°م حيث ينتج لدينا 3 - كلور - 1 - بروبين :



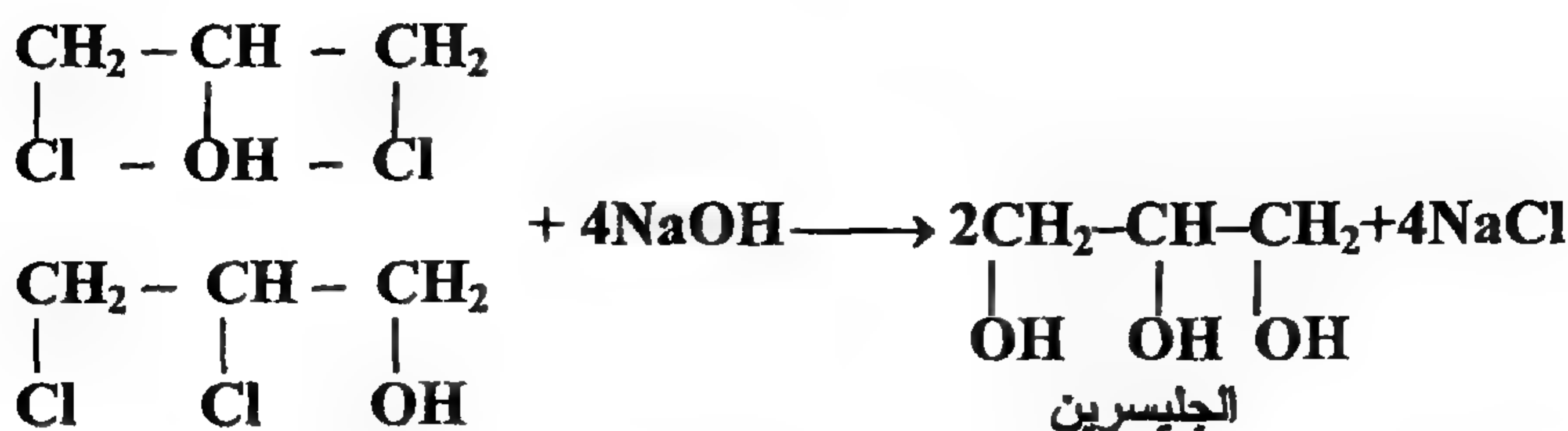
3 - كلور - 1 - بروبين

وعند تفاعل 3 - كلور - 1 - بروبين مع حمض الهيبوكلوريت (HOCl) عند الدرجة 38°م يتشكل لدينا جليسرين ثنائي كلور هيدرين:

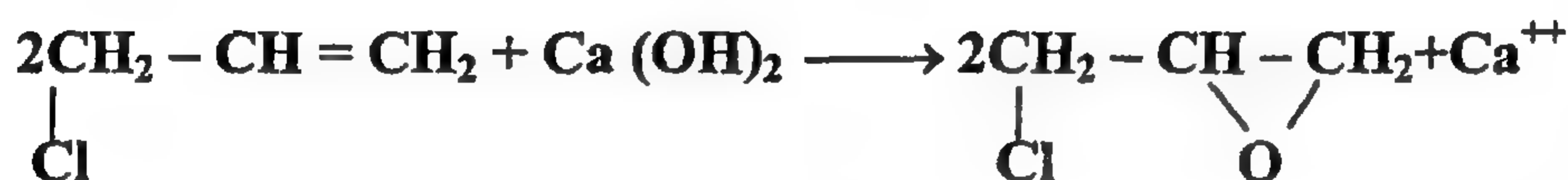


جليسرين ثنائي كلور هيدرين

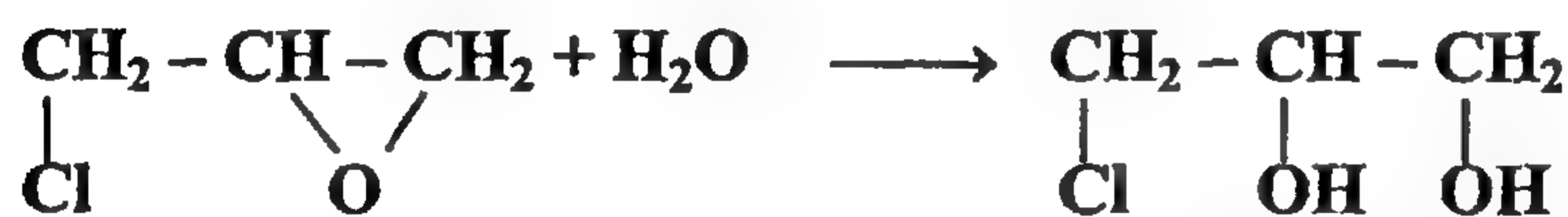
وتتم عملية التحلل المائي للجليسرين ثنائي كلور هيدرين باستخدام محلول من هيدروكسيد الصوديوم عند الدرجة 95°م ليعطي الجليسرين :



وهناك طريقة أخرى أكثر ملاءمة وهي تتم بمفاعلة 3 - كلور - 1 - بروبين هيدروكسيد الكالسيوم لتشكيل إيبكلور هيدرين.

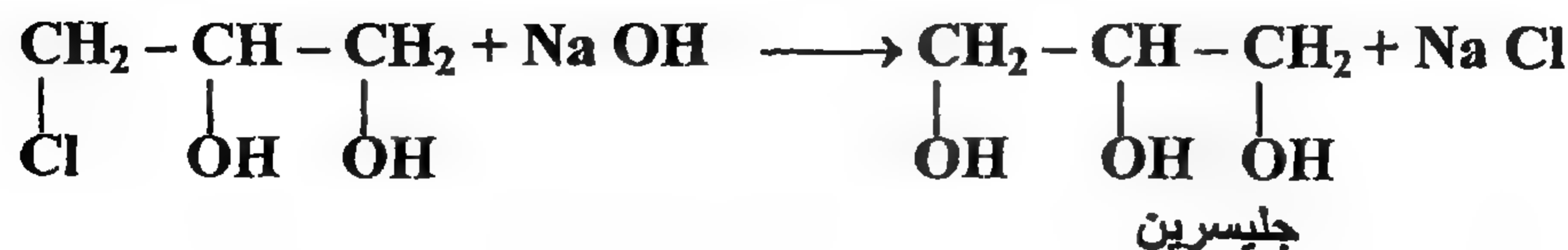


ثم يتفاعل إيبكلور هيدرين مع الماء لينتج لدينا أحادي كلور هيدرين الجليسرين :



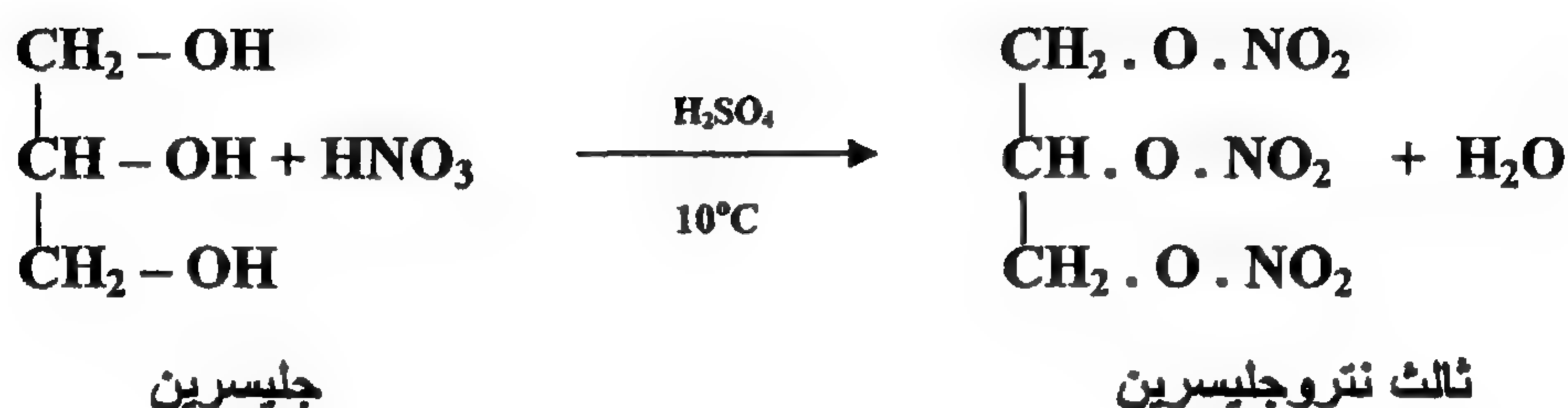
أحادي كلور هيدرين الجليسرين

ثم نفاعل أحادي كلور هيدرين الجليسرين هيدروكسيد الصوديوم لإنتاج الجليسرين :



## الاستخدامات الصناعية للجليسرين :

يستخدم الجليسرين في الصناعة لإنتاج المتفجرات مثل النترو جليسرين، الذي يحضر من تفاعل الجليسرين وحمض البنزيك بوجود حمض الكبريت الوسيط :



ونترو الجليسرين الناتج له استعمالات عدة منها استعمالاته الطبية في معالجة الذبحة الصدرية وغيرها ، وعندما تضاف إليه مواد مائلة، مثل: نشارة الخشب أو الرمل فإنه يصبح بشكل عجينة يطلق عليها اسم الديناميت.

والديناميت يستخدم متفجراً أقل حساسية من ثلاثي نترو الجليسرين، وبالإضافة إلى ذلك يدخل الجليسرين في صنع السيلوفان ومواد التجميل، مثل: الكريمات، والمواد الصيدلانية، والأغذية، والمشروبات .

\* \* \*

## "الأسئلة"

- 1 - في أي مجال من المجالات تستخدم المواد الدهنية ؟ وضح ذلك .
- 2 - كيف يستحصل على الأحماض الدهنية من التحلل المائي للأحماض الدهنية؟ أشرح الطرق التي تتحدث عن ذلك مستعيناً بالمعادلات .
- 3 - كيف يتم تحضير الأحماض الدهنية من أكسدة البرافينات ؟ وكذلك بين كيف يمكن تحضيرها من التحلل المائي الحامضي والقلوي والمستمر؟
- 4 - اشرح آلية تفاعلات أكسدة البرافينات للحصول على الأحماض الدهنية.
- 5 - ماذا تعرف عن صناعة الجليسرين سواء من التحلل المائي للمواد الدهنية أو من المواد البتروكيميائية؟ اشرح كل ما تعرفه عن ذلك مستعيناً بالمعادلات.
- 6 - ما أهم الاستخدامات الصناعية للجليسرين ؟

\* \* \*



## الباب الحادي عشر

### صناعة وقود مشتقات البترول

#### الوقود الغازي :

يشمل الوقود الغازي مجموعة من الغازات القابلة للاحتراق مثل: الهيدروجين، والميثان، والإيثان، والبروبان، والأثيلين، وأول أكسيد الكربون وغيرها، وتتميز هذه الغازات كوقود عن الأنواع الصلبة من الوقود بما يلي :

- أ- تحترق غازات الوقود احتراقاً كاملاً دون فضلات أو خسارة .
- ب- تمتزج مع الهواء بصورة متجانسة وبسهولة .
- ج- يكون استغلالها داخل المعمل في عمليات التسخين المباشر وغير المباشر .
- د- يكون اللهب الناتج عن احتراق هذه الغازات ذا درجات حرارية عالية ويمكن التحكم به .
- هـ- تتميز أهمية غازات الوقود في تسخين الأجهزة والمكانن المعقدة بصورة متجانسة .
- و- تتضاءل فترة تشغيل المحركات بسبب سرعة اشتغال هذه الغازات وإطفائها بسهولة .
- ز- يمكن التحكم في طبيعة اللهب الناتج عن عملية الاحتراق كونه عاملاً مؤكسداً أو مختزلاً خاصة في عمليات تعدين المعادن .



والجدول التالي يبين أهم الغازات المستعملة كوقود في المجالات الصناعية مع ذكر مكوناتها وقيمها الحرارية .

### أنواع الوقود الغازية

القيمة الحرارية كيلو سعر / متر مكعب	المكونات والنسبة المئوية					
	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	H <sub>2</sub>	أنواع الوقود
9300	-		90	-	-	الغاز الطبيعي
1240	56	5	-	25	13	الغاز التركيبي
2940	4	4	-	41	51	غاز الماء
4895	6	5	18	18	52	غاز الفحم

ومما هو معروف تعتمد القيمة الحرارية للوقود على محتوياته من غازي الميثان والهيدروجين فتزيد بزيادة نسبة أحدهما أو كليهما معًا .

### الغاز الطبيعي :

يعتبر الغاز الطبيعي أهم أنواع الوقود الغازية في الطبيعة، ويستخرج من حقول خاصة بكميات كبيرة . ويحتوي الغاز الطبيعي على مواد هيدروكربونية متطايرة، ويمثل الميثان أهم مكوناته وهو يشكل حوالي 90% منه .

أما غازي الإيثان والبروبان فيشكلان حوالي 3% ، وبوجه عام تكون نسبة الميثان إلى الإيثان وإلى البروبان بالشكل 12:2 على التوالي، أما الهيدروكربونات ذات الأوزان الجزيئية الصلبة فتكون نسبتها ضئيلة جدًا .

وإضافة إلى المكونات الهيدروكربونية ذات القيمة الحرارية الصناعية العالية يحتوي الغاز الطبيعي على بعض المكونات غير المرغوب بها مثل الماء وكبريتيد الهيدروجين، ولابد من إزالتها قبل ضخ الغاز خلال الأنابيب أو إرساله بالضغط في قناني أسطوانية خاصة للاستعمال، والجدول التالي يعطي النسب المئوية لمكونات الغاز الطبيعي :

النسب المئوية لمكونات الغاز الطبيعي

المكونات	هولندا	فرنسا	إيطاليا	الولايات المتحدة	
				الغاز الجاف	الغاز الرطب
الميثان	81.9	69.3	95.9	99.2	87.0
الإيثان	2.7	3.1	1.4	-	4.1
البروبان	0.4	1.1	0.4	-	2.6
البيوتان	0.1	0.6	0.2	-	2.0
البنتان	0.1	0.7	0.1	-	3.4
كبريتيد الهيدروجين	-	15.2	-	-	-
ثنائي أكسيد الكربون	0.8	9.6	0.2	0.2	1.1
النيتروجين	14.0	0.4	1.8	0.2	-

ويتم إزالة الماء من الغاز الطبيعي وهو على شكل البخار بإحدى الطرق التالية :

#### أ- طريقة الضغط :

يكبس المزيج الغازي في مكابس خاصة لتكثيف بخار الماء .

## ب- طريقة التجفيف :

تستعمل مجففات خاصة من الألومنيا الفعال، أو البوكسايت، أو حامض الكبريتيك وغيرها .

## ج- طريقة جيربوتول :

تستدعي الضرورة إزالة كبريتيد الهيدروجين من الغاز الطبيعي؛ لأنه مادة مسببة للتآكل، وذات رائحة غير مرغوب بها إضافة إلى اعتبار كبريتيد الهيدروجين مصدرًا مهمًا لعنصر الكبريت ذي القيمة الصناعية والاقتصادية العالية ، ويزال غاز كبريتيد الهيدروجين، كما ذكرنا بإحدى الطرق التالية :

1- طريقة جيربوتول : وتم شرحها في (ج)

2- طريقة الفوسفات :



3- طريقة أكسيد الحديد :



4- طريقة هيدروكسيد الصوديوم :



5- طريقة هيدروكسيد الكالسيوم :



غاز التصفية :

عبارة عن مجموعة من المكونات الهيدروكربونية الغازية للبترول الخام، ويتم فصل هذه المكونات الغازية عن عملية التقطير التجزيئي

للبتروول . يستعمل غاز التصفية مجالات مختلفة كمواد أولية في مجموعة من الصناعات البتروكيميائية وكوقود .

### الغاز الصناعي :

يحضر صناعيًا بإمرار كميات محدودة من الهواء الساخن، أو البخار خلال طبقات من فحم الكوك المتوهج ، ونجد أن تفاعلات الهواء الساخن مع الفحم تكون كما يلي :

عند إمرار الهواء الساخن على الفحم المتوهج يتكون أولاً غاز ثنائي أكسيد الكربون، ومن ثم غاز أول أكسيد الكربون والذي يسمى بـغاز الهواء حسب المعادلات الكيميائية التالية :



ويتوقف مدى تحول غاز ثنائي أكسيد الكربون إلى أول أكسيده على طبيعة الفحم ودرجة حرارة التفاعل . فعند درجة 1200°م أو أكثر يكون التفاعل سريع جدًا حيث يتفاعل الكربون مع الأوكسجين مكوناً أول أكسيد الكربون فقط.

### تفاعلات بخار الماء مع الفحم :

عند إمرار بخار الماء على الفحم المتوهج يتكون غاز يسمى بـغاز الماء وحسب المعادلات الكيميائية التالية :



وبما أن التفاعل ماص شديد للحرارة فإنه يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة وسرعة التفاعل تلقائيًا ، وإذا انخفضت درجة حرارة التفاعل إلى أقل من 900°م تتكون كمية من غاز  $\text{CO}_2$  كما في المعادلة التالية :



غاز الفحم :

يولد غاز الفحم النقي عادة من تسخين الفحم الحجري النقي في معزل عن الهواء وهو ما يعرف بالتقطير الإتلافي إلى درجات حرارة عالية وضغط عالٍ ، وأصبح في الوقت الحاضر استعمال الفحم الحجري النقي في هذا المجال غير اقتصادي؛ لذلك تستعمل بدلاً منه أنواع أخرى من الفحم الذي يحتوي على نسب عالية من الرماد .

وعلى ضوء ذلك تطورت طرق صناعية مناسبة وأهمها طريقة لورجي، وهذه الطريقة تعتمد على تسخين الفحم في وجود مزيج من الهواء وبخار الماء بنسب محدودة عند ضغط 20 جو .

إسالة الغاز الطبيعي :

لقد جرت منذ أوائل القرن الثامن عشر محاولات عديدة لإسالة الغازات، وكانت معظمها فاشلة؛ لأنها اقتصرَت على زيادة الضغط دون البلوغ إلى درجة الحرارة الحرجة التي لم تكن معروفة آنذاك .

مثلاً نجح فاراداي في إسالة ثنائي أكسيد الكبريت، وكبريتيد الهيدروجين، وثنائي أكسيد الكربون، والأمونيا ، ولكن فشلت محاولات كثيرة لإسالة الهيدروجين والأكسجين، والنتروجين لعدم توفر وسائل التبريد للوصول إلى درجات الحرارة الحرجة لهذه الغازات لذا سميت بالغازات الدائمة .

وقد أصبح معروفاً بأن أية محاولة لإسالة غاز ما يجب أن يسبقها تبريد الغاز إلى درجة حرارته الحرجة أولاً وعند ذلك يلزم مقدار من الضغط لإنجاز عملية الإسالة .

ومن المعروف بأنه توجد حرارة معينة عند تجاوزها لا يمكن تحويل الغاز إلى سائل مهما كان الضغط الواقع عليه، وقد سماها ( أندروز ) بالدرجة الحرجة ، ويسمى الضغط اللازم لإسالة الغاز عند هذه الدرجة بالحجم الحرج، ويسمى حجم كمية الغاز عند درجته وضغطه الحرجين بالضغط الحرج .

ونرى اليوم أن جميع الغازات تحضر صناعياً بالرغم من تفاوت خواصها بعملية تقنية متشابهة بحيث تشكل عمليات الإسالة بالتليج خطوة مشتركة ضمن خطوات التحضير . وتعتمد طرق إسالة الغازات بصورة عامة على استتباط وسائل لإحداث التبريد الشديد وأهمها :

أ- استعمال مخاليط التجميد : يمكن الحصول على - 20°م تحت الضغط من خليط الثلج وكلوريد الصوديوم وعلى - 50°م بإضافة كلوريد الكالسيوم إلى الخليط .

ب- التبريد بالتمدد العزلي لغازات مكبوسة وباردة، وعلى هذا الأساس بنى كاييتي جهازاً لإسالة كثير من الغازات .

ج- التبريد بالتبخير السريع للسوائل الطيارة ، وقد انتفع به في صنع الثلج باستعمال الأمونيا، وقد وجد أنه إذا بخر سائل سريعاً أحدث برودة تكفي لإسالة غاز آخر ، إذ استطاع بكتي مثلاً أن يبخر سائل ثنائي أكسيد الكبريت حول غاز ثنائي أكسيد الكربون فأسال الأخير .



د- التبريد بتأثير جول - طوسن : تعتمد الطرق الحديثة لإسالة الغازات الدائمة على تأثير جول - طوسن ؛ ونتيجة لذلك فإن قليلاً من التبريد ينتج لمعظم الغازات المكبوسة عندما يسمح لها بالانتشار خلال حاجز مسامي إلى فضاء فارغ أو أقل ضغطاً منها .

فعندما يكبس الغاز تتقارب جزيئاته ويزداد جذبها المتبادل ، أما بعد انتشارها من مسامات الحاجز ، فإن المسافات بين الجزيئات تصبح أكبر مما كانت عليه .

ويعني ذلك أن شغلاً داخلياً قد أنجز ضد قوى الجذب المتبادل . وتتؤخذ الطاقة اللازمة لهذا الشغل من حرارة الغاز فيبرد ويسيل الغاز دون تبريد خارجي .

ولإسالة الهواء صناعياً يكبس الهواء النقي أولاً بمقدار 200 ضغط جوي، بحيث تسحب الحرارة الناتجة عن الكبس بجهاز تبريد مائي ، ثم يدخل الهواء المكبوس الأنبوب الداخلي من أنبوبين نحاسيين مزدوجين وحلزونيين .

ويسمح للهواء في نهاية الأنبوب بالتمدد فجأة خلال فتحة ضيقة إلى غرفة واسعة فيبرد الهواء ، ثم يدخل الهواء الأنبوب الخارجي مسبباً هذه المرة تبريد الغاز المستمر من الدخول إلى الأنبوب الداخلي، وهكذا يستمر التبريد حتى يسيل الهواء .

ويمكن فصل الهواء النقي إلى مكوناته ( النتروجين والأكسجين ) بعملية التقطير التجزيئي، وفيها تتبخر مكونات الهواء المسال اعتماداً على مدى الفرق

في درجات الغليان حيث درجة غليان النيتروجين - 195.8°م ودرجة غليان الأكسجين - 183°م ، فعند تسخين الهواء المسال يحتوي الطور البخاري على حوالي 93 % من غاز النيتروجين ويكون السائل المتبقي غنياً بالأكسجين .

وتتم عمليات التقطير تقنياً وبصورة عامة في وحدات تقطير يتكون كل منها من زوج من أعمدة تقطير بينهما مبادل حراري لإعادة تسخين مكونات عملية التقطير .

حيث يعمل العمود السفلي ( عمود الضغط العالي ) عند 5 - 6 ضغط جوي والعمود العلوي عند 0.7 - 0.8 ضغط جوي ، ويتبخر الهواء المسال من العمود السفلي ويتصاعد بخار النيتروجين إلى قمة العمود ويرسل إلى جهاز التكثيف وتكون نقاوته عالية .

بينما يتكاثف بخار الأكسجين عبر ألواح العمود السفلي ويتساقط إلى أسفل العمود، بذلك يكون السائل المتجمع في أسفل العمود السفلي غنياً بالأكسجين .

ويتم تكثيف النيتروجين بدورة ( هيلاندت ) وهي تتضمن انضغاط الغاز إلى ضغط عالٍ أو استخدام مبردات خارجية . علماً أن دورة هيلاندت تعتمد على مبدأ ( لندا ) للتبريد .

وعلى نفس المبدأ يمكن إسالة الغازات الطبيعية أيضاً بواسطة التثليج الميكانيكي ( الحركي ) ، وتسمى أيضاً دورة التثليج المنفصلة ( المشتعلة ) لانخفاض درجة حرارة الغاز الطبيعي بمراحل إلى - 162°م .

حيث تنخفض درجة الحرارة في الخطوة الأولى إلى حوالي  $-38^{\circ}\text{C}$  باستعمال البروبان المسال كمادة للتبريد ، وتنخفض درجة الحرارة في المرحلة الثانية إلى  $-100^{\circ}\text{C}$  مستخدمًا سائل الأثيلين كمادة للتبريد ، وقد برد الغاز الآن إلى الحد الذي يمكن إسالته تحت الضغط المنخفض ، والتبريد النهائي إلى  $-162^{\circ}\text{C}$  ويرسل الغاز المسال إلى مجالات استهلاكه أو تخزينه .

وبنفس التقنية يمكن إسالة غاز البترول، وهو يشمل بصورة عامة على الهيدروكربونات الثلاثية، والرابعة من: البروبان، والبروبيلين، والبيوتان العادي، والبيوتيلين، والأيزوبيوتات .

وتنقسم الغازات الصناعية بصورة عامة من حيث إمكانية إسالتها إلى مجموعتين رئيسيتين :

أ- مجموعة الغازات إلى يمكن إسالتها بسهولة عند درجات الحرارة والضغط العاديين ، ومن أهم هذه الغازات : الهيدروجين، والهيليوم؛ والأوكسجين، والنيتروجين، والأرجون، وأول أكسيد الكربون .

ب- مجموعة الغازات التي لا يمكن إسالتها بسهولة عند درجات الحرارة والضغط العاديين، ومن أهم هذه الغازات : الكلور، وثنائي أكسيد الكبريت، والأمونيا، وأكسيد النيتريك، وثنائي أكسيد الكربون، وفلوريدات الكربون .

ويشكل الأستيلين مجموعة مستقلة بمفرده وتقع خواصه بين المجموعتين. ونتيجة التقدم التقني الهائل في مجالات إسالة الغازات، فقد أصبح من الصعب وضع حد فاصل بين هذه المجموعات .

وكذلك نتيجة كثرة استعمال هذه الغازات في الطور السائل عند درجات حرارية منخفضة جدًا .

وفيما يلي جدول يبين درجات غليان وانصهار أغلب الغازات الصناعية.

### درجة غليان وانصهار بعض الغازات الصناعية

الغاز	الرمز	درجة الغليان	درجة الانصهار
الهيدروجين	H <sub>2</sub>	- 252.78	- 259.20
الهيليوم	He	- 268.93	-
النيتروجين	N <sub>2</sub>	- 195.81	- 210.02
الأكسجين	O <sub>2</sub>	- 182.97	- 218.83
الأوزون	O <sub>3</sub>	- 112	- 252
الفلور	F <sub>2</sub>	- 188	- 220
النيون	Ne	- 246.1	- 248.60
الكلور	Cl <sub>2</sub>	- 33.95	- 100.5
أول أكسيد الكربون	CO	- 191.5	- 205
ثاني أكسيد الكربون	CO <sub>2</sub>	- 78.48	- 56
الميثان	CH <sub>4</sub>	- 161.5	- 182.5
الإيثان	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	- 88.6	- 183.6
البروبان	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	- 42.6	- 189.9
البيوتان الاعتيادي	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	- 10.2	- 145
الإيثلين	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	- 103.5	- 169.4
الأسيتيلين	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	- 83.6	- 81
الأمونيا	NH <sub>3</sub>	- 33.4	- 77.7
أكسيد النيتروز	N <sub>2</sub> O	- 88.7	- 90.8
أكسيد النترينك	NO	- 152	- 163.5
ثاني أكسيد النترينك	NO <sub>2</sub>	+ 21.1	- 11.3

## جازولين الطيران :

في بداية الطيران كانت المحركات المكبسية هي الشائعة والمستخدمه في جميع المجالات وكان مصدر الطاقة هو الوقود الهيدروكربوني فقط، وبعد صنع الطائرات النفاثة ذات المحركات التوربينية ظهرت دراسات جديدة لتحضير أنواع أخرى من الوقود غير الهيدروكربونية كالكحول والأيثر وغيرها .

ويتكون جازولين الطائرات بصورة عامة من الهيدروكربونات فقط ولها محتوى حراري عالٍ ، ويحتوي خام البترول كما ذكرنا مسبقاً على هيدروكربونات مختلفة في صفاتها الفيزيائية والكيميائية باختلاف عدد ذرات الكربون والهيدروجين فيها وكيفية ربط هذه الذرات مع بعضها .

وقد وجد أن بعض هذه المكونات مناسبة لتشغيل مكابس المحركات . ويمكن بصورة عامة تصنيف المركبات الهيدروكربونية إلى ثلاث مجموعات: البارافينات، والأيزوبارافينات ( القانون العام  $C_nH_{2n} + 2$  )، والنفثينات  $(C_nH_{2n})$ ، والأرومات  $(C_6H_6 - 6)$  .

وتختلف نسب هذه المجاميع في الخام باختلاف أصله والذي بدوره يؤدي إلى اختلاف نوعية الجازولين، والمفروض أن يحتوي جازولين الطائرات على نسبة عالية من محتوى الأيزوبارافينات مع نسب قليلة من النفثينات والأرومات.

ويحتوي جازولين الطائرات في الغالب على 84 % هيدروجين، و15% كربون، مع آثار من الكبريت، والرصاص، والبروم، والنتروجين، والأكسجين الموجودة في المضادات المستخدمة والماء .

وللحصول على أنواع جيدة من الجازولين ذي الكفاءة العالية وعدد أوكتانى عالٍ يجب القيام بمعالجات خاصة تتضمن :



أ- عملية الأكللة : تتحد الهيدروكربونات غير المشبعة (C<sub>4</sub>) الناتجة من غازات التحلل الحراري مع أيزوبيوتات مكونة منتجات أيزوبارافينية عالية .

ب- عملية الأروماتية : على مشتقات النفط لإنتاج الهيدروكربونات الأروماتية، إلا أن الحاجة إلى أنواع الجازولين الحسنة أدت إلى تطوير عدة عمليات صناعية في مجال تصفية البترول كالتحول التركيبي للبترول والبلمرة والأكللة وغيرها .

الاحتراق في محركات الاشتعال بالشرارة :

إن التفاعل الأساسي في المحركات هو أكسدة جزيئات الهيدروكربونات وهي تتم بكبس مزيج من الهواء وغاز الجازولين وإشعاله بواسطة شرارة كهربائية، ويمكن حساب نسب مزيج الهواء والجازولين اللازم للاحتراق من المعادلة التالية :



بافتراض أن المزيج المعقد من الهيدروكربونات يسلك سلوك الأوكتان، وقد وجد أن المحرك يعمل بكفاءة أكبر عند استعمال مزيج غني بالوقود وتكون نسبة الوقود إلى الهواء أكثر من النسبة الحسابية المحسوبة في المعادلة بمقدار 15 - 20 % .

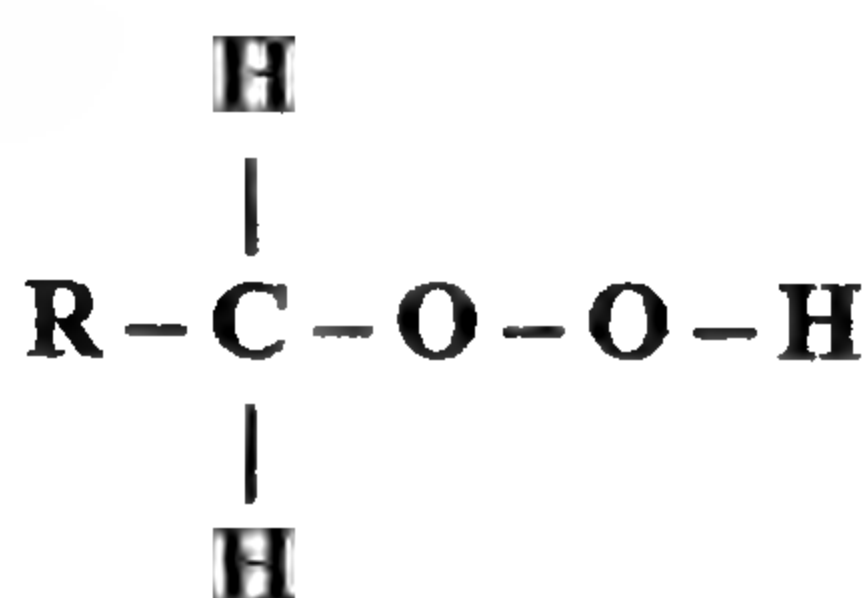
ويرجع السبب إلى أنه عند درجات الحرارة العالية يتحول في الأسطوانة بعض ثاني أكسيد الكربون إلى أول أكسيده ، وقد جرت محاولات عديدة للتعرف على تفاصيل ميكانيزم التفاعل بين الهيدروكربونات والأكسجين ، لكن لصعوبة إجراء التجارب فالنظريات المعروفة لا تزال متناقضة .

والمعروف أن عملية الأكسدة هي تفاعل متسلسل تتضمن جزيئات أو جذورًا غير ثابتة يصعب التعرف عليها عمليًا . غير أن هناك اتفاق عام على أن



بيروكسيد الهيدروجين الذي يستعمل كعامل مؤكسد يلعب دوراً بارزاً في التفاعل.

ومن خواص جزيئات البيروكسيدات جميعاً وجود ذرتين من الأكسجين مرتبطين مع بعضهما ، مثلاً تركيب بيروكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$  يكون على شكل  $H-O-O-H$  مع كون الجزيئة غير مستقيمة . والصيغة المثلى للبيروكسيد العضوي هي :



حيث إن R يمثل جذراً عضوياً ، ويمكن توضيح مجموعة تفاعلات أكسدة الهيدروكربونات على الوجه التالي :

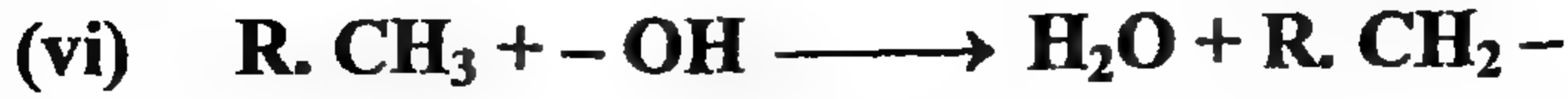
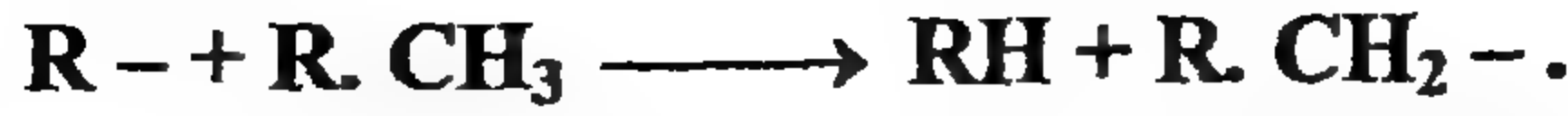
- (i)  $R-CH_3 + O_2 \longrightarrow R-CH_2- + HO_2-$
- (ii)  $R-CH_2- + O_2 \longrightarrow R-CH_2-OO-$
- (iii)  $R-CH_2-OO- + R-CH_3 \longrightarrow RCH_2OOH + R-CH_2-$

ونجد أن تكوين جذر حر واحد (  $R-CH_2-$  ) في المرحلة الأولى يؤدي إلى تكوين عدد كبير من جزيئات البيروكسيد (  $RCH_2OOH$  ) في المرحلة الثانية والثالثة من التفاعلات المتعاقبة ، وبما أن بيروكسيد الهيدروجين غير ثابت ، إذن تتكسر الرابطة بين ذرتي الأكسجين بسهولة لتكوين جذرين :



ويتفاعل كل جذر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة مع جزيئات الهيدروكربونات، وتتكون جذور أكثرها من النوع  $RCH_2-$

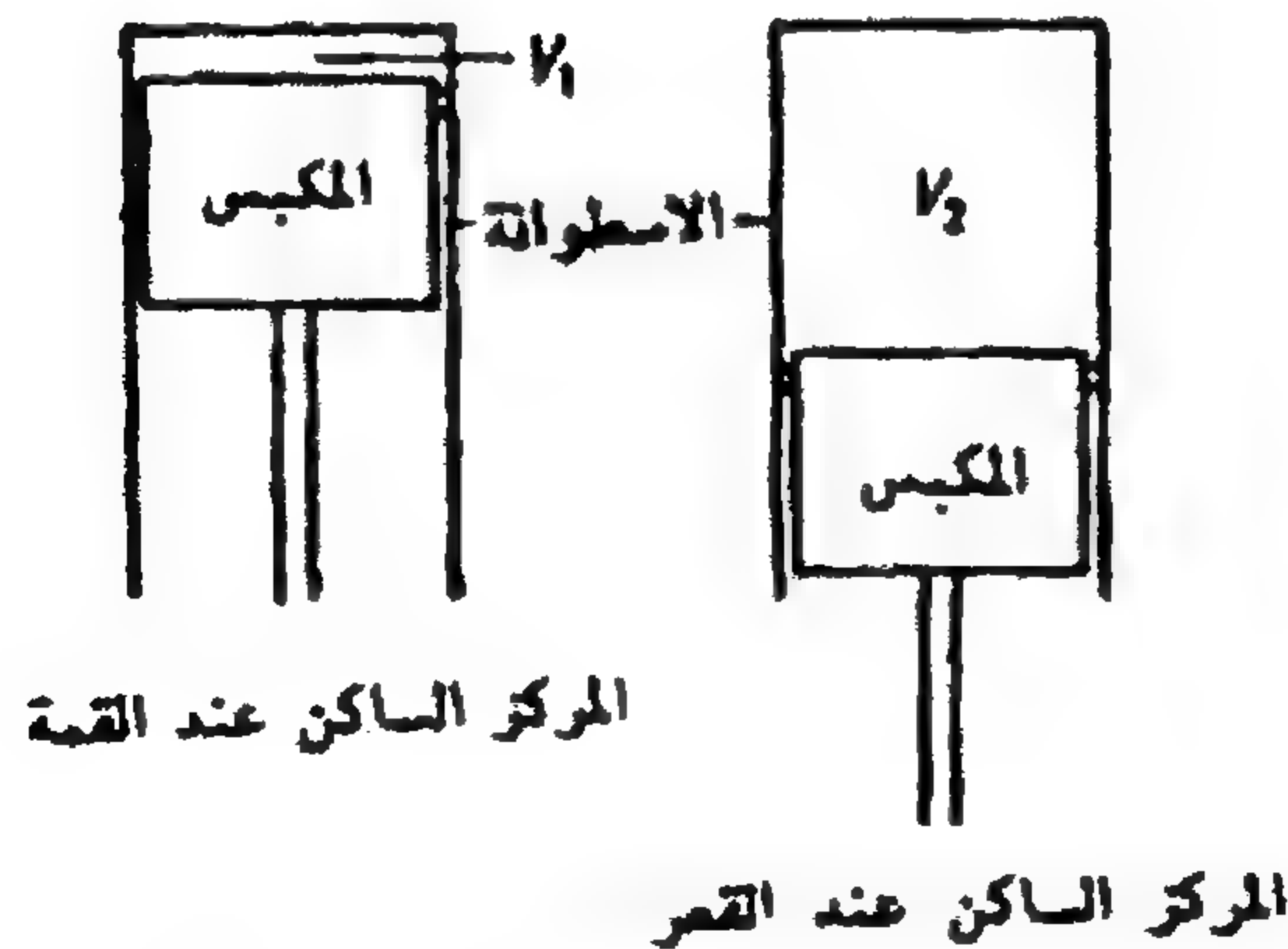




كما أن تكوين جذرين في الخطوة الرابعة يؤدي إلى تفرع السلاسل وزيادة كبيرة في سرعة الأكسدة . ومن الضروري أن تتم عملية الاحتراق في المحركات بشكل منتظم ، فبعد بدء التفاعل بفعل الشرارة ينتشر اللهب بسرعة خلال المزيج الغازي ، ويؤدي الغاز إلى خفض المكبس داخل الأسطوانة .

وفي حالة حدوث الأكسدة بسرعة عالية يحدث انفجار في الخليط الغازي، وينتج عنه صوت يسمى القرقعة، والقرقعة ظاهرة اشتعال ذاتي لخليط الوقود والهواء بسبب حدوث الأكسدة بسرعة عالية. وتعتمد الأكسدة على عدد ذرات الكربون والطبيعة التركيبية لجزيئة الهيدروكربون ودرجة الحرارة .

وتعتمد درجة الحرارة بدورها على نسبة حجم الغاز فوق المكبس في موقع المركز الساكن عند الأسفل ونسبة حجم الغاز فوق المكبس في موقع المركز الساكن عند القمة وتدعى نسبة الانضغاط، وكما تبين في الشكل التالي :

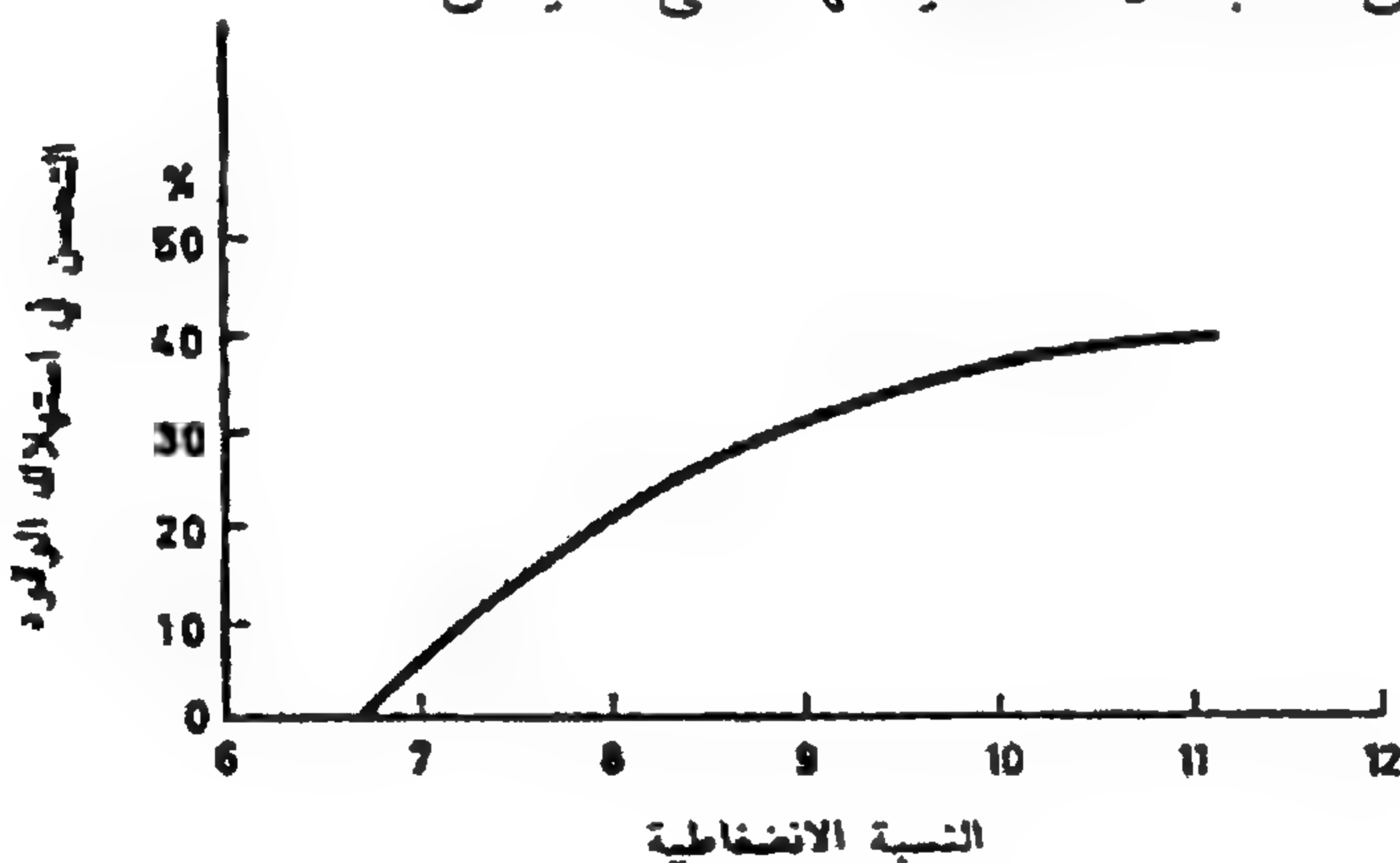


$$V1/V2 = \text{النسبة الانضغاطية}$$

ويبدأ الاحتراق الصحيح للوقود بشرارة كهربائية تحدث خلال جزء من الثانية قبل اكتمال دورة الانضغاط في المكبس . وعلى الوجبة الغازية أن تحترق بمعدل سريع ومنتظم، بحيث تتمدد الغازات الحارة وتدفع المكبس إلى الأسفل، وتحدث القرقة في المحرك بسبب احتراق أسرع بكثير من المطلوب وهو يؤدي إلى زيادة الضغط قبل الشرارة أو بعدها .

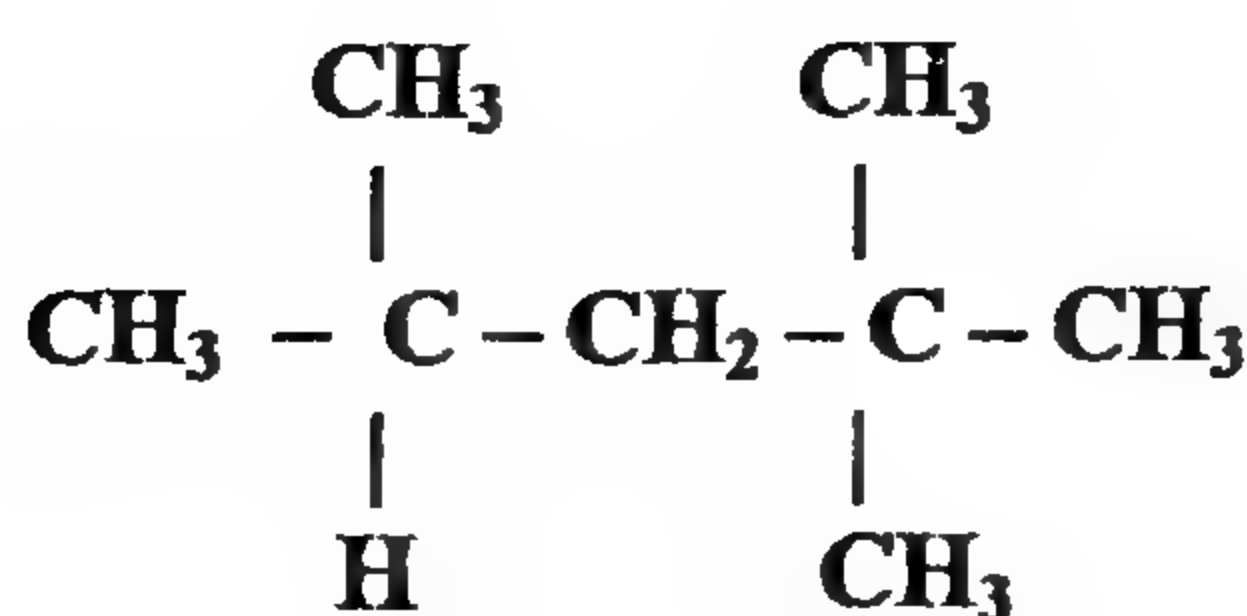
وتضرب موجات القرقة الصوتية جدران الأسطوانة والمكبس وتتشرب طاقتها على شكل صوت وحرارة، ويمكن تقليل القرقة بإبطاء أو تأخير الشرارة لكي يحترق الوقود عند ضغط أقل عندما يكون المكبس في طريقه إلى الأسفل .

وبوجه عام فإن استهلاك المحركات لوقود الجازولين تنخفض بزيادة النسبة الانضغاطية، وكما يبين في الشكل التالي والذي يظهر العلاقة بين التحسن في استهلاك الجازولين والنسبة الانضغاطية ؛ لذلك من المفضل تصميم محركات تكون النسبة الانضغاطية لها أعلى ما يمكن .



العلاقة بين الانضغاطية والتحسين في استهلاك الوقود

وقد وجد أن للأيزو أوكتان  $C_6H_{18}$  بصيغته التركيبية خواصاً احتراقية جيدة ، وله ميل قليل للانفجار عند مزجه مع الهواء عند درجة حرارة عالية، بينما يميل الهيبتان العادي ذو السلسلة المستقيمة إلى الانفجار بسهولة .



ويمكن مقارنة الخواص الاحتراقية لأي وقود هيدروكربوني بخواص الأيزو أوكتان والهيبتان العادي باستعمال كل منهم تحت ظروف قياسية في محرك أحادي الأسطوانة . يتمتع المحرك القياسي C . F . R بخاصية النسبة الانضغاطية مستمرة التغير وبوجود جهاز كهربائي للاستدلال على حدوث الانفجار .

وعند اختبار الوقود تعين النسبة الانضغاطية التي يحدث عندها الانفجار . وبعد ذلك يتم تحضير مجموعة من المخاليط المختلفة من الأيزو أوكتان والهيبتان العادي واختبارهما لمعرفة الخليط الذي يحدث قرقة عند نفس النسبة الانضغاطية .

والوقود الذي يسبب قرقة عند نفس النسبة الانضغاطية للأيزو أوكتان النقي يعطى له عدد أوكتان ( O.N ) قدره مائة ( 100 ) والذي يشبه الهيبتان العادي النقي يعطى له عدد أوكتان قدره صفر . وبالمثل يمكن تحديد عدد الأوكتان للوقود بمقارنة بمزيج من الوقود القياسي .

فمثلاً الجازولين الذي له نفس الخواص الاحتراقية لمزيج مكون من 85% أيزو أوكتان و 15 % هيبتان عادي يعطى عدد الأوكتان 85 ، ويبين في الجدولين التاليين خواص أوكتان لعدد من الهيدروكربونات النقية المستحصل عليها بنفس الطريقة .

عدد الأوكتان للهيدروكربونات

عدد الأوكتان	الصيغة الجزيئية	المركب
62	$C_5H_{12}$	البنتان العادي
90	$C_5H_{12}$	الأيزونيتان
26	$C_6H_{14}$	الهكسان العادي
71	$C_6H_{14}$	2-البنتان المثيلي
80	$C_5H_{10}$	البينتين - 2
100	$C_6H_6$	البنزين

عدد الأوكتان لبعض المركبات الهيدروكربونية المكونة للجازولين

درجة الغليان °م	عدد الأوكتان	الهيدروكربون
36	62	البنتان العادي
28	90	2 - مثيل بيوتان
-	85	البنتان الحلقي
69	26	الهكسان العادي
60	73	2 - مثيل بنتان
50	93	2 - 2 - داي مثيل بيوتان
64	63	هكسين
68	81	هكسين
80	100	بنزين
81	-	الهكسان الحلقي
126	0.0	الأوكتان العادي
-	-	2 - مثيل هبتان
99	100	4.2.2 - تراي مثيل - بنتان ( أيزواوكتان )

122	35	أوكتين 1
125	-	أوكتين 2
123	68	أوكتين 3
-	100	أورثو - ميتا وبارازايلين
137	98	أثيل بنزين
130	1.2	داي مثيل هكسان
131	41	أثيل هكسان الحلقي

وعند مقارنة خاصية العدد الأوكتاني للهيدروكربونات النقية يتضح أن الهيدروكربونات متفرعة السلسلة تفوق مستقيمة السلسلة أو أن الأوليفينات تفوق البارافينات، أما الهيدروكربونات الأروماتية لها خواص احتراقية جيدة جداً .

ويمكن القول بأن عدد الأوكتان للجازولين المستحصل عليه بالطريقة القياسية لا يتطابق دائماً مع سلوك الوقود عند استعماله في السيارة تحت الظروف الاعتيادية، فالوقود الذي عدده الأوكتاني 85 ليس بالضرورة أفضل من الوقود الذي عدده الأوكتاني 75 .

وبناء على هذا التباين فقد تم اختيار عدد من وقود السيارة وتصنيفها من حيث الأداء ، وتتلخص الطريقة بزيادة سرعة السيارة وهي في وضع الترس الأعلى ثم تعيين السرعة التي تتوقف عندها القرقة .

يعاد فحص أنواع الوقود بالمحركات القياسية C . F . R وتعديل ظروف تشغيلها حتى يتم الحصول على عدد أوكتان مماثل للعدد المستحصل عليه بالسيارة ؛ لذلك تصنف قيم عدد الأوكتان إلى قيم طريقة المحرك وقيم طريقة البحث . وتبين ظروف التشغيل القياسية النسبية في الجدول التالي :



## ظروف تشغيل المحرك القياسي

طريقة المحرك	طريقة البحث	
9 $\pm$ 900	6 $\pm$ 600	المحرك ( دورة / دقيقة )
2.5 $\times$ $\pm$ 40	2 $\pm$ 50	درجة الحرارة ( مئوية )
متغير	13	سرعة الاحتراق
3 $\pm$ 100	3 $\pm$ 100	درجة حرارة محلول التبريد ( م° )

وبصورة عامة تكون قيمة عدد الأوكتان بطريقة البحث أعلى منها في طريقة المحرك بقيمة تتراوح بين واحد إلى عشرة وحدات . وتوجد الآن أنواع من الوقود بعدد أوكتان أكبر من 100 .

ويتم تعيين عدد الأوكتان لهذه المواد نسبة إلى مزيج من الأيزو أوكتان ورابع إيثيل الرصاص وهو سائل عديم اللون وسام ، لكن وجوده مع الهيدروكربونات يؤدي إلى منع حدوث القرقة .

وقد وجد أن القرقة التي تتولد في المحرك سببها تركيب الوقود وللحصول على وقود تجاري قياسي تستعمل مضادات القرقة . وقد استعملت في البداية صبغة اليود ، ثم وقع الاختيار على الكينات الرصاص وهي كما يلي :

رابع إيثيل الرصاص	$\text{pb ( C}_2\text{H}_5)_4$
رابع ميثيل الرصاص	$\text{pb ( CH}_3)_4$
ثالث إيثيل ميثيل الرصاص	$\text{pb ( C}_2\text{H}_5)_3\text{CH}_3$
ثاني إيثيل ثاني ميثيل الرصاص	$\text{pb ( C}_2\text{H}_5)_2 ( \text{CH}_3)_2$
إيثيل ثالث ميثيل الرصاص	$\text{pb C}_{25} . ( \text{CH}_3)_3$

إن ميكانيزم مفعول مركبات الرصاص كمضادات القرقة معقد جدًا ودورها غير معروف بالضبط ، إلا أن إحدى النظريات تعطي تفسيرًا، لذلك بأن مركب الرصاص يتحول إلى سحابة من أكسيد الرصاص على شكل دقائق متناهية الصغر في الأسطوانة، وتتفاعل هذه الدقائق مع جزيئات كبريتوكسيد الهيدروكربونات .

ويؤدي هذا التفاعل إلى إبطاء سير التفاعل المتسلسل، ومن ثم تقليل فرص الانفجار ومن مساوئ استعمال رابع مثيل الرصاص كونه سامًا مما يحد من كميته المضافة إلى الجازولين بحيث لا تزيد عن 0.75 سنتيمترًا مكعبًا لكل لتر جازولين .

ولا ينتج عن احتراقها ترسبات من الرصاص، أو أكسيد الرصاص داخل الأسطوانة خاصة في مدخل الصمام وفوق سنون شموع الاحتراق .

ويمكن منع حدوث الترسبات إلى حد ما بإضافة ثنائي بروميد الأثيلين  $C_2H_4Br_2$  إلى الجازولين حيث يحول الرصاص إلى بروميد الرصاص وهو مركب متطاير يخرج من الغازات المحروقة ، لكن هذه الطريقة لإزالة ترسبات الرصاص ليست فعالة في السيارات الحديثة ذات النسبة الانضغاطية العالية خاصة أثناء حركة المحركات في زحام المرور .

وتضاف حاليًا فوسفات المركبات الأروماتية كفوسفات ثنائي فينيل الكريسول، الذي يعمل على تقليل ترسبات مركبات الرصاص على سنوات شموع الاحتراق :

متطلبات نوعية جازولين الطائرات :

أ- مميزات ضد القرقة :

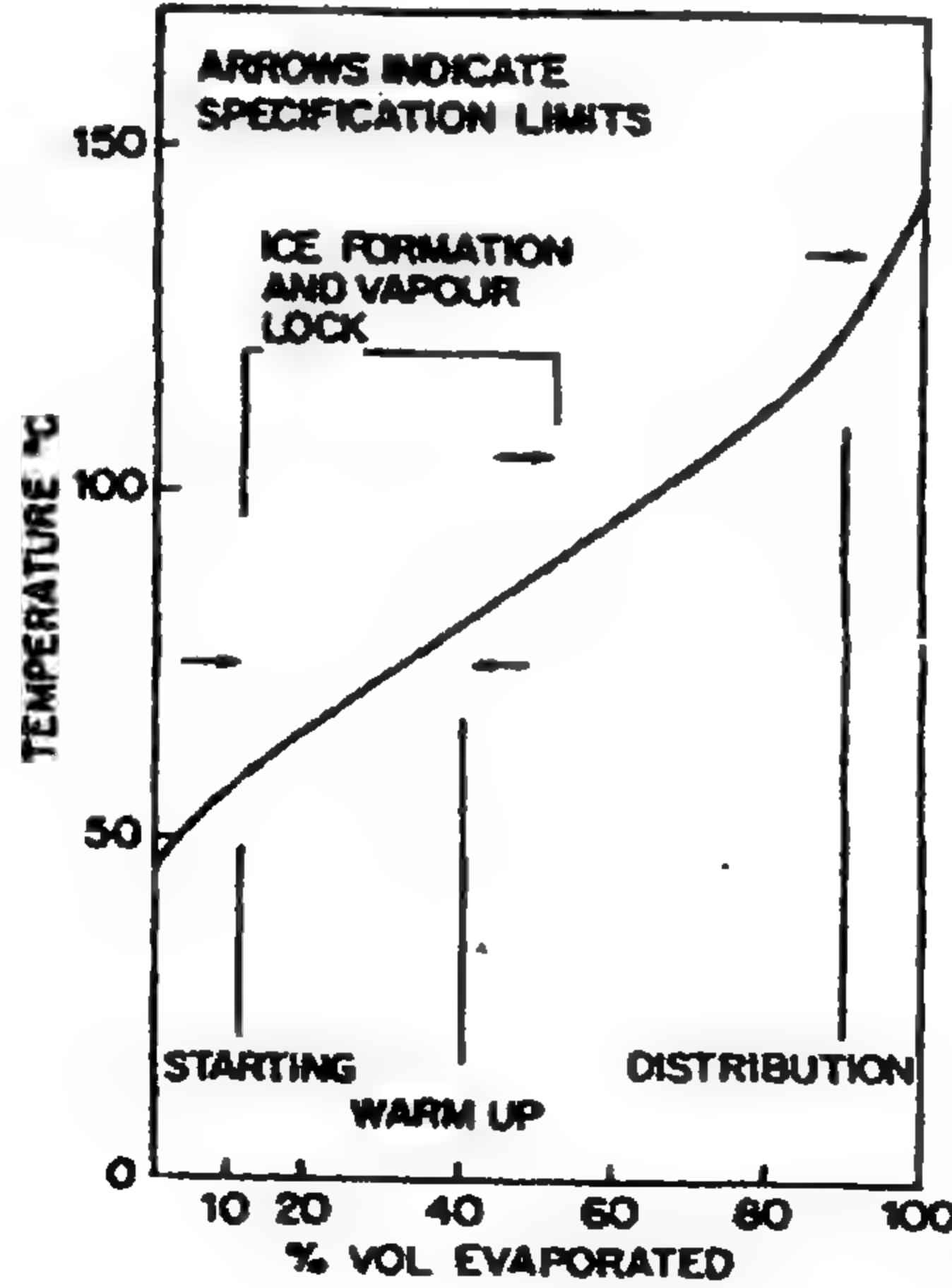
وقد سبق الحديث عنها من قبل .

## ب- التطايرية :

في عمليات الحرق يجب أن يحترق الوقود بكامله في الطور البخاري ( الغازي ) ويجب أن تتميز محركات الاحتراق الداخلي بقابلية تحويل الوقود السائل إلى الطور البخاري، ويجب أن يكون الوقود في الطور البخاري أثناء فترة تكوين الومضية .

ويؤدي عدم السيطرة والتحكم على تنظيم درجة تطاير الوقود إلى ظهور صعوبات ومشاكل خلال تشغيل المحرك وخاصة في الجو البارد . ويمكن تنظيم كفاءة الوقود التطايرية من خلال عملية التقطير .

وبما أن الوقود يتكون من مزيج هيدروكربوني وتقع درجات غليانه بين 30 - 150 ° ؛ لذلك بالإمكان دراسة العلاقة بين درجات الحرارة التي تتقطر عندها نسبة معينة من الوقود، كما هي مبينة في الشكل التالي :



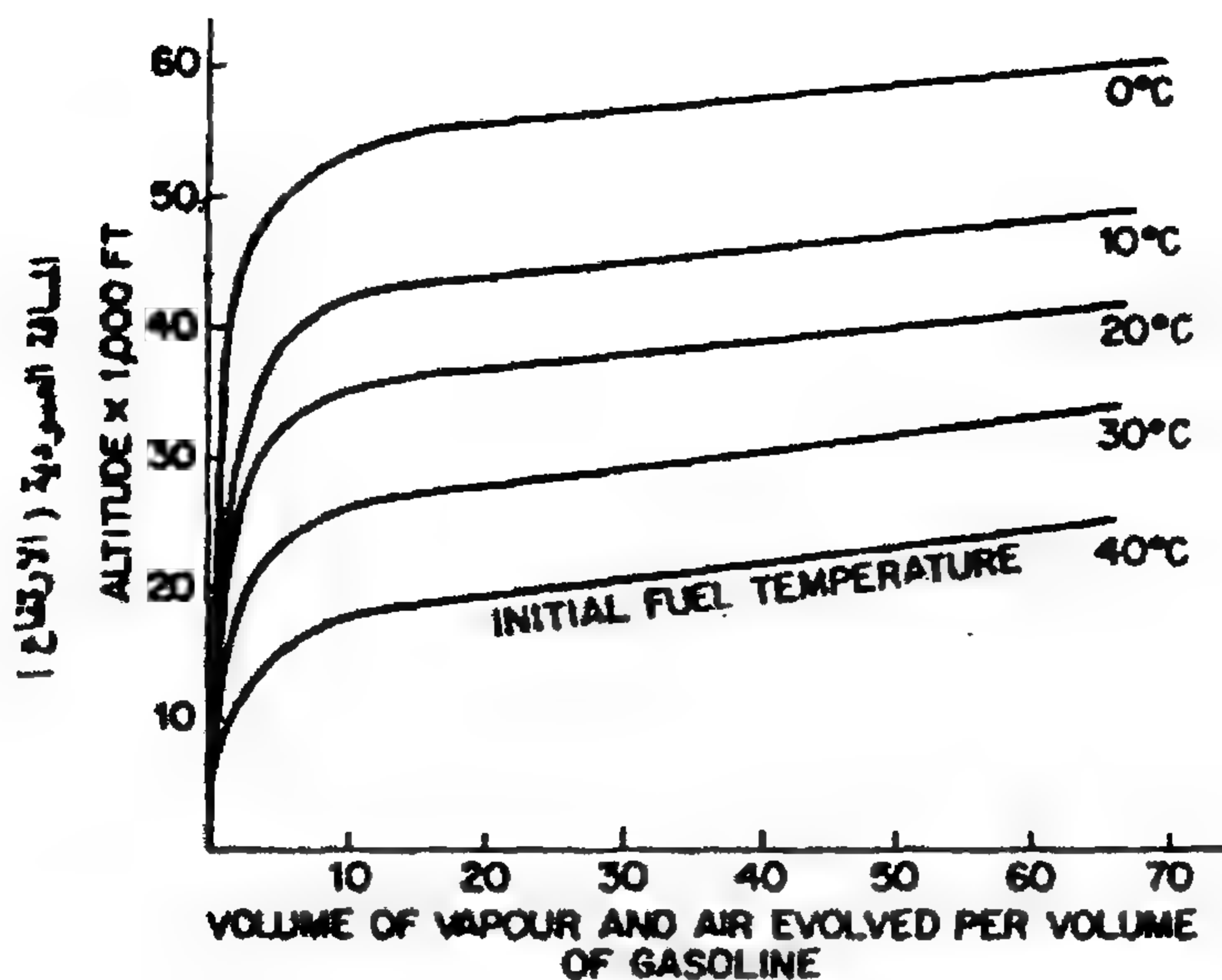
المنحنى البياني وتقطير جازولين الطيران مع كفاءة المحرك

وتعتبر النسبة المتبخرة 10 % دليل مقارنة درجة الحرارة التي عندها يبدأ المحرك في الوضع البارد بالتشغيل .  
وتعتبر النسبة 40 % دليل مقارنة السرعة التي تحمي عندها المحرك ، بينما يدل مجموع 10 - 50 % على علاقة درجة الحرارة مع كفاءة تكوين السّج في التصميم الأنبوبي للمحرقة ولكبح البخار .

وتبين النسبة 90 % على الدرجة الحرارية للوقود الذي يحتوي على مكونات غير متطايرة ، وكما أن اختبار التقطير القياسي لا يعطي التطايرية الأولية للجازولين بصورة دقيقة، وتعتبر نقطة التبخر 10 % وهي تعيين الدرجة العظمى غير كافية لتعيين المكونات المتطايرة الكثيرة، أو لتعيين مقدار غازات البترول المذابة .

وفي هذه الحالة يجب إيجاد علاقة مناسبة بين الضغط البخاري والبخار المتكون، ويسمى الاختبار المستخدم لهذا الغرض باختبار الضغط البخاري لرأيد . ويتراوح الضغط المستخدم بين 5.5 - 7 جو عند 37.8°م .

ويوضح الخط البياني في الشكل التالي مدى تكوين البخار عند المسافة العمودية لمدى درجة حرارة الوقود المقاسة عند الإقلاع ، وعلى هذا الأساس تحتاج درجات تطايرية الوقود الأولية المنخفضة إلى ارتفاع أقل وعنده يحدث تبخر الوقود .



#### ج- الطاقة النوعية والكثافة:

تعتمد قوة المحرك لمزيج وقودي قوي على وزن كل من الهواء والوقود المستهلكين وبدورها على مجمل الطاقة المزودة ( جول / جرام ) . وبصورة عامة يزداد المحتوى الحراري لكل جرام للوقود الهيدروكربوني عند انخفاض كثافته ويقل لكل جالون ( حجمًا ) .

#### د- نقطة التجمد:

يجب ألا تتجاوز نقطة تجمد جازولين الطيران عن 60°م ، وهي الدرجة التي عند تبريد الوقود تتكون بلورات من الوقود وتختفي عند رفع درجة الحرارة .

#### هـ- نقطة الوميض:

تعتبر درجة الاشتعال الذاتي ( التلقائي ) ونقطة الوميض ونقطة الاحتراق من الاختبارات الشائعة لمعرفة جودة الوقود؛ ولأجل زيادة سرعة

احتراق الوقود يجب أن تكون درجة اشتعال الوقود أقل بكثير من درجة حرارة الهواء المضغوط داخل الأسطوانة .

وترتبط درجة الاشتعال الذاتي ارتباطاً وثيقاً بمواصفات الوقود الفيزيائية والكيميائية ، وترتبط طبيعة الأسطوانة أيضاً بعوامل عديدة كوجود الترسبات داخل الأسطوانة وطبيعة تركيب الأسطوانة وتركيز البخار والضغط الإجمالي داخلها .

وتكون درجة اشتعال الهكسان 366 °م والهيبتان 330 °م والبنزين 420 °م، ويمكن الوصول إلى نقطة الوميض بواسطة الزيادة التدريجية في درجة حرارة المنتج البترولي داخل قذح الوميض القياسي وحتى تتجمع كمية معينة من البخار .

وهي كافية لتكوين وميض عند مرور لهب فوق فوهة القذح، وتسمى درجة الحرارة التي تحدث عندها هذه الظاهرة بنقطة وميض المنتج البترولي وتدل بصورة مباشرة على مقدار الوقود المتطاير ، وتلعب كل من ذوبانية الماء وثبوتية الخزن واللزوجية دورها في نوعية الجازولين .

### وقود المحركات التوربينية :

كانت المحركات النفاثة في بدايتها تستعمل كيروسين الإضاءة كوقود، وقد استخدم الكيروسين لتفادي حدوث الانفجار عند نظام الضغط العالي للوقود ولسهولة الحصول عليه .

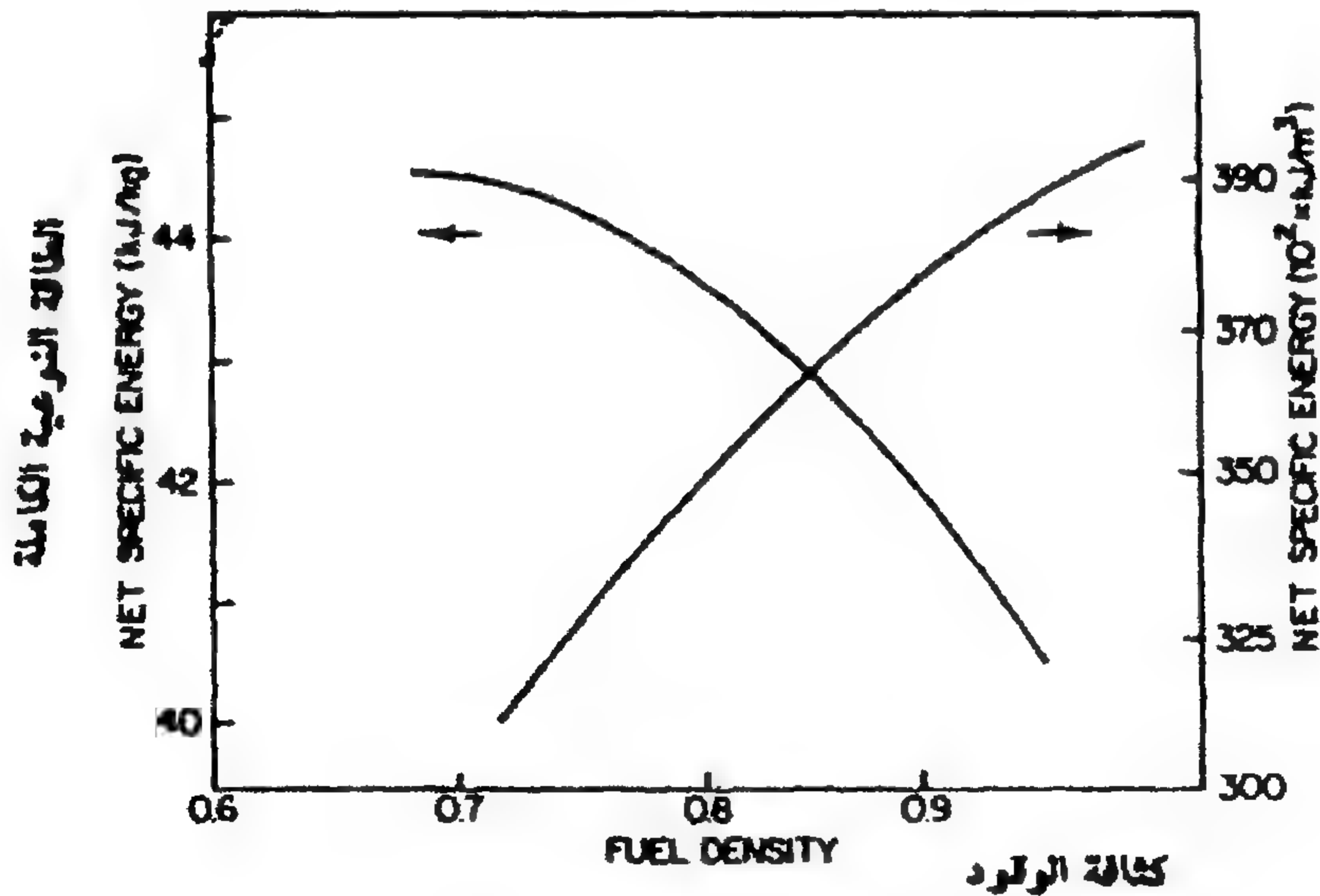
وقد وجد أخيراً بأن جازولين الطيران يناسب أيضاً تشغيل المحركات النفاثة إضافة إلى تقليل تلوث الجو وسهولة ضخه عند درجات الحرارة المنخفضة ومعدل سرعة تبخره العالي في الأجواء العالية .



وينتج وقود التوربينات من التقطير التجزيئي لخام البترول ويتكون من مزيج من الهيدروكربونات وبالنسب التالية :

البارافينات 61 - 33 % حجمًا ، الأوليفينات 5 - 0.5 % حجمًا ، النفثينات 45 - 10 % حجمًا ، الأرومات 25 - 12 % حجمًا، وتشمل المكونات غير الهيدروكربونية الكبريت والنيتروجين والأكسجين وآثار ضئيلة من المعادن والماء، ويلاحظ من نسب مكوناته أن النفثينات والبارافينات تشكلان معظم محتوى الوقود ، ويضاف إليه مقدار من مانعات الأكسدة وتحاشيًا لتكوين الصمغ ويعتبر وجود النحاس عاملاً محفزاً لتفاعل الأكسدة .

ولذلك يجب التخلص منه واستخدام مكونات ( مانعات ) تقلل من فعاليته ويكون تجهيز الوقود بصورة عامة على أساس الحجم ؛ لذلك توجد علاقة بين كثافة الوقود وطاقته النوعية، وكما يظهر في الشكل التالي :

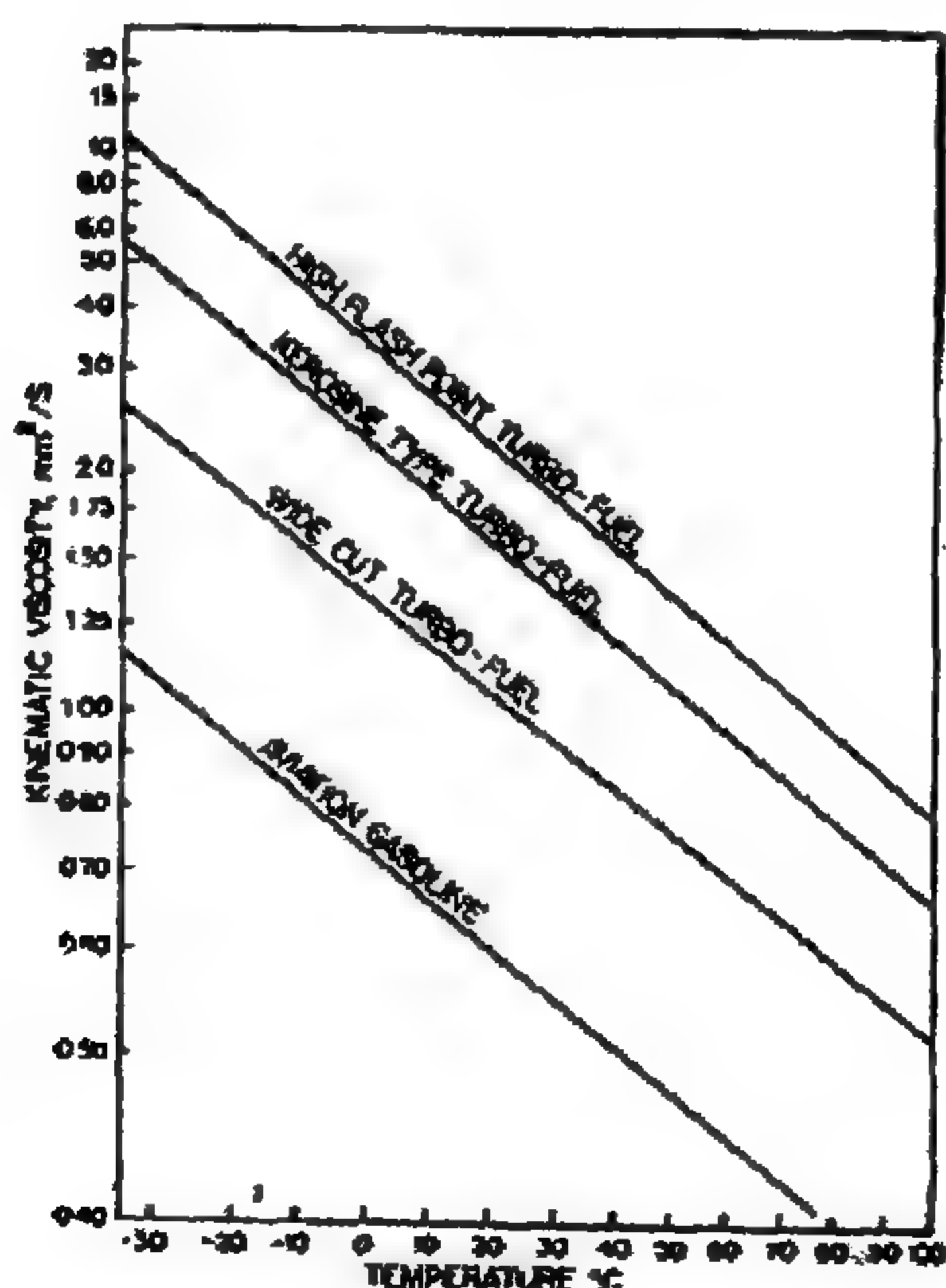


علاقة الطاقة النوعية مع الكثافة

ويلحظ من الخط البياني في الشكل السابق أن الطاقة النوعية على أساس الحجم تزداد مع زيادة الكثافة وتقل على أساس الوزن . وبناءً على هذين الاعتبارين توجد قيمة عظمى للكثافة .

وبصورة عامة تكون نسبة محتوى الطاقة العظمى إلى الطاقة الصغرى في الهيدروكربونات  $C_8 - C_{18}$  على الأساس الحجمي أربعة أضعافها على الأساس الوزني، وأن البارافينات الحلقية والأرومات الأحادية الحلقة التي لها سلسلة أليفاتية جانبية تملك أعلى قيمة حرارية .

وتكون علاقة لزوجة وقود الطيران مع درجة الحرارة عكسية كما تبين في الشكل التالي؛ ولتعيين هذه القيم يتطلب تعيين درجتين حراريتين وهي تعطي بدورها خطأً مستقيماً على البياني القياسي، وعلى هذا الأساس يجب تعيين اللزوجة عند درجة حرارية واحدة فقط، وتؤثر لزوجة الوقود من جانبه على نوعية مضخات الوقود المستخدمة .



علاقة اللزوجة - درجة الحرارة لوقود الطيران

وبما أن الطائرات النفاثة ذات المحركات التوربينية تطير في ارتفاعات أعلى من الطائرات ذات المحركات المكبسية؛ لذلك تحتاج الأولى إلى وقود الكيروسين ذي التطايرية المنخفضة وهي تتضمن بصورة عامة المستقطرات بين 150 - 245 °م .

### الجازولين :

يعتبر الجازولين أهم المكونات المستخلصة من زيت البترول وهو يستعمل على نطاق واسع كوقود للمحركات ذات الاحتراق الداخلي ويحتوي الجازولين الطبيعي على نسبة عالية من المركبات الهيدروكربونية مفتوحة السلسلة ابتداءً من  $C_3 - C_{12}$  وهي تشمل مستقطرات زيت البترول بين 30 - 220 °م .

ويعتبر الجازولين الطبيعي ذا قيمة احتراقية منخفضة، وغالبًا ما يتم تحسينه إما بخلطه بمواد أخرى أو معالجته صناعيًا بعملية الحل الحراري والتحسين . كما أن وجود مكونات البروبان والبيوتان في الجازولين غير مرغوب به .

لذلك تفصل هذه المكونات في أبراج إزالة البروبان والبيوتان، ويتكون الجازولين بصورة عامة من ثلاث مجموعات: البارافينات والأوليفينات والأرومات .

متطلبات مضادات القرقة في محرك السيارة :

يمكن تلخيص المتطلبات الأساسية للجازولين في :

أ- احتواء الوقود على نسبة كافية من الهيدروكربونات المتطايرة ذات الوزن الجزيئي القليل ، وذلك لتسهيل عملية بدء التشغيل من الحالة الباردة، لكن النسبة الكبيرة من المواد المتطايرة تسبب انسدادًا بخاريًا عند درجة الحرارة العالية .

- ب- خلوه من الماء ومركبات الكبريت وأية مواد مسببة للتآكل .
- ج- خلوه من مكونات تنتج عنها ترسبات صلبة، أو صحفية عند وقوف المحرك .
- د- توافق الخواص الاحترافية للوقود مع النسبة الانضغاطية .
- وقد ذكرنا بأن قيمة عدد الأوكتان بطريقة البحث RON تكون أعلى منها في طريقة المحرك MON ، وهناك أنواع من الوقود بعدد أوكتاني أعلى من 100 ، ويمكن في هذه الحالة تحويل عدد الأوكتان إلى مصطلح آخر يسمى عدد الكفاءة ( PN ) ويدعى الفرق بين عددي الأوكتان بالحساسية .

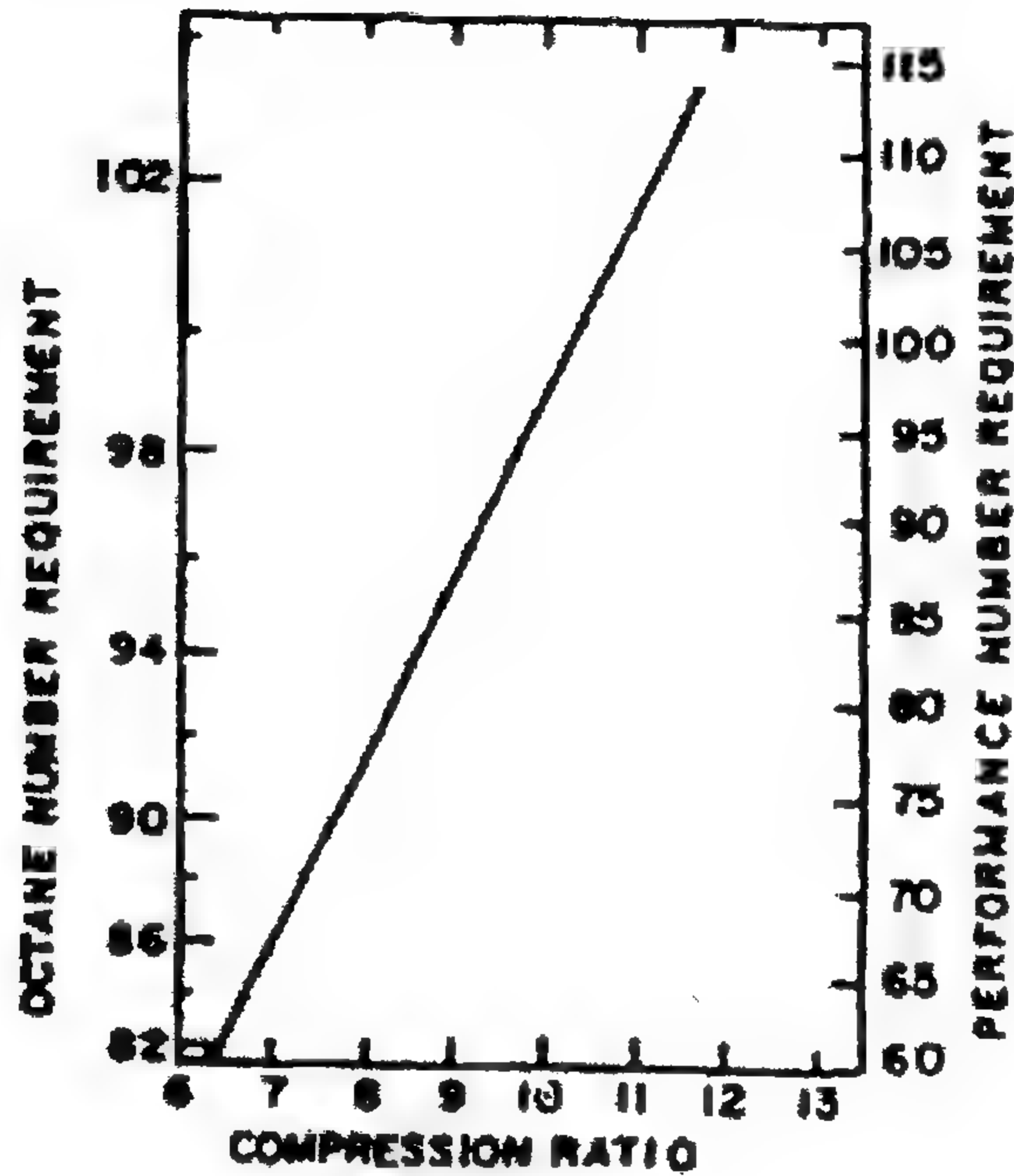
$$( \text{الحساسية} ) = \text{RON} - \text{MON}$$

وبصورة عامة فإن الجازولين المستحصل عليه من عملية التقطير الأولية لبترول الخام ومن عملية الحل الحراري لا تتمثل فيها الصفات المطلوبة، وتستوجب معالجات لاحقة من عمليات التحسين وتحدث فيها التفاعلات التالية :

- أ- تتحول النفثينات إلى هيدروكربونات أروماتية .
- ب- تتحول بعض البارافينات إلى نظائرها: مثلاً تحويل السلاسل المستقيمة إلى سلاسل متفرعة وتحويل بعضها إلى مركبات أروماتية .
- ج- تحويل الأوليفينات إلى هيدروكربونات مشبعة .
- وعلى هذا الأساس يمكن تلخيص ظروف التشغيل التي تؤثر على القرقة وطبيعة الجازولين في النقاط التالية :

#### أ- النسبة الانضغاطية :

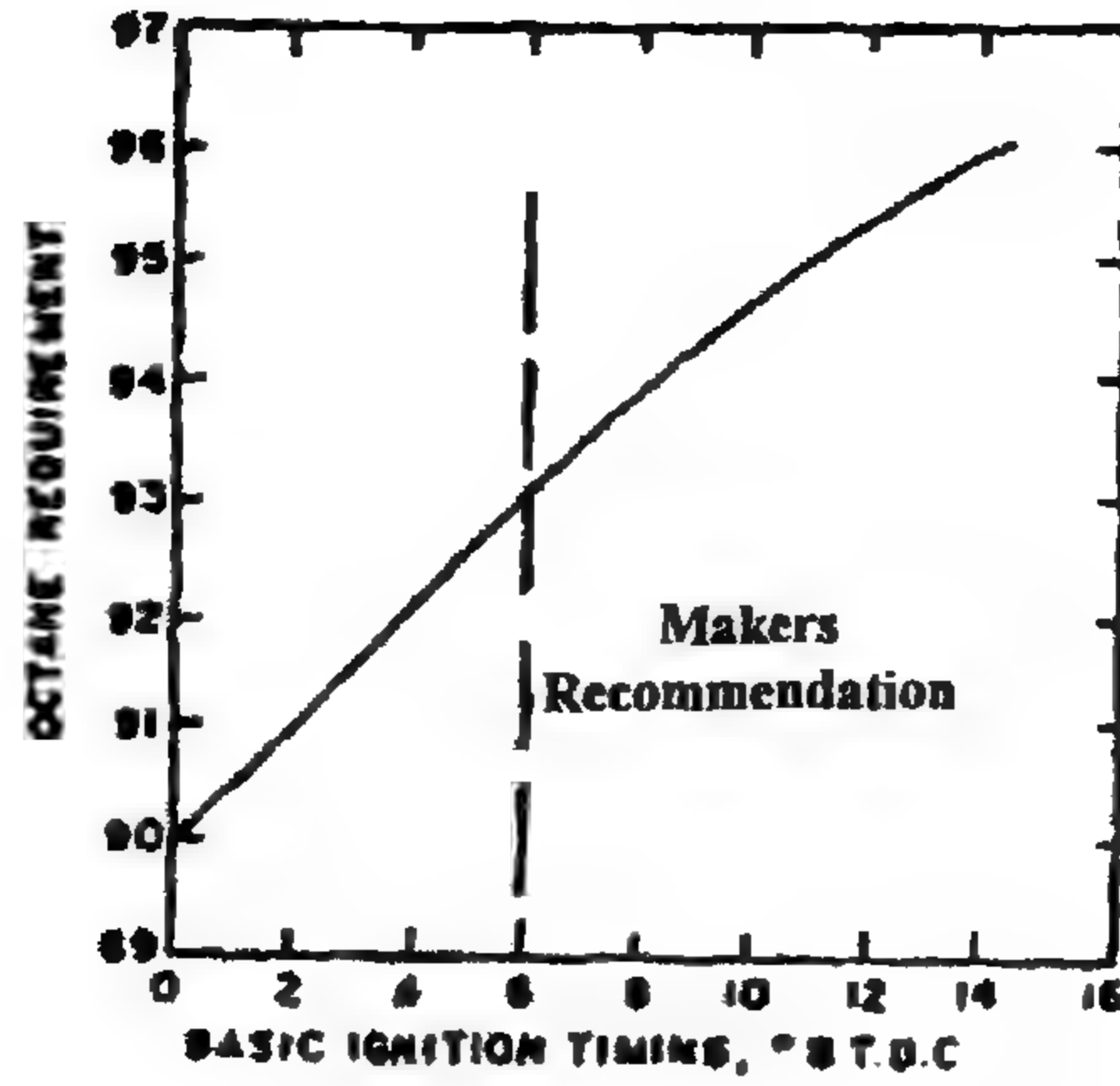
تتطلب الزيادة الانضغاطية زيادة عدد الأوكتان اللازم للمحرك، ويمثل الشكل التالي مخططاً بيانياً تجريبياً للعلاقة الموجودة بين العاملين . ويمثل الخط البياني العلاقة بين كل من عدد الأوكتان وعدد الكفاءة مع النسبة الانضغاطية ، ففي الحالة الأولى تكون العلاقة غير مستقيمة ( في البداية ) وفي الحالة الثانية تبدأ العلاقة بسير مستقيم منتظم .



تأثير النسبة الانضغاطية على عدد الأوكتان اللازم

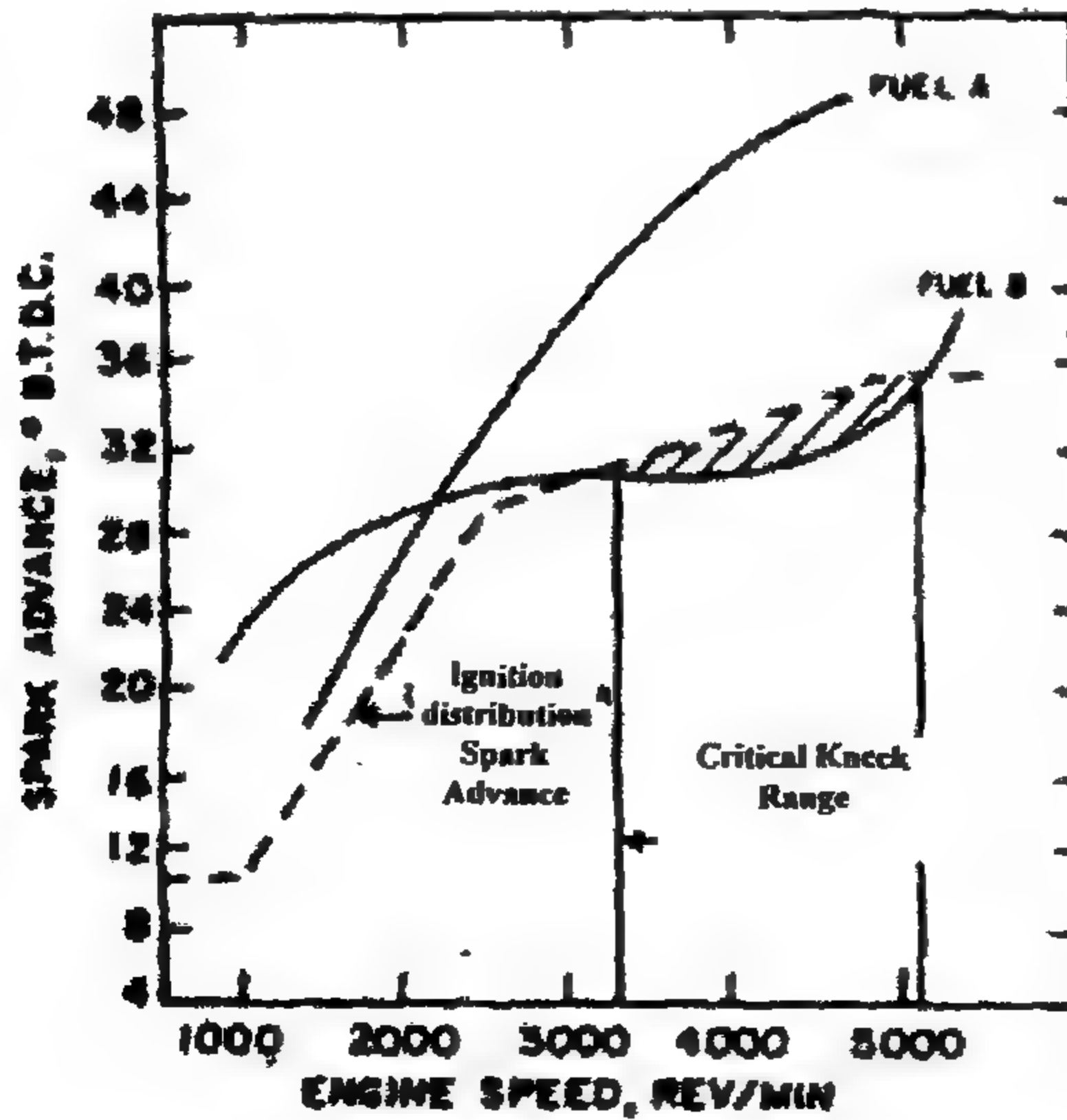
#### ب- تنظيم فترة الاشتعال :

بصورة عامة يمكن تغيير عدد الأوكتان اللازم بواسطة منظم ميكانيزم الشرارة في السيارة ( شرارة الاحتراق )، كما يبين الشكل التالي. ويمكن القول بأن القوة العظمى قد تتأثر عندما يبتعد منظم الاشتعال عن النهاية العظمى .



### تأثير تنظيم الاشتعال على عدد الأوكتان اللازم

وبصورة عامة تختلف محركات السيارة في طبيعة اشتعال الوقود .  
 ويلاحظ في الشكل التالي مخطط منظم الاشتعال لنوعين من الوقود A و B .  
 وهما في حالة زيادة سرعة المحرك يعطيان أقل قرقرة ممكنة . ويلاحظ أيضاً  
 أن الوقود A يتخلص من ظاهرة القرقعة عند السرعة المختلفة تماماً لكن في  
 النوع B تظهر ظاهرة القرقعة عند السرعة العالية في المدى 3300 - 5100  
 دورة / دقيقة .



### منحنى منظم الشرارة لتحديد القرقرة لأنواع من الوقود



ونخلص من ذلك بأن الوقود ( B ) يصلح لمحركات ذات السرعة المنخفضة، ولهذه المحركات عدد أوكتان تجريبي أقل من عدد الأوكتان البحثي، وإذا استعمل وقود آخر مماثل للنوع A مع عدد أوكتاني بحثي أقل فسينخفض خطه البياني وتظهر القرقة عند السرعة المنخفضة وتختفي عند السرعة العالية .

وإذا استعمل وقود آخر مماثل في حساسيته للنوع B مع عدد أوكتاني تجريبي عالٍ سيكون الاحتراق خاليًا من القرقة في جميع السرعات المستخدمة ، وهنا تبين أن عدد الأوكتان التجريبي هو العامل المؤثر الوحيد في حالة حدوث القرقة أو عدم حدوثها، ويمكن أخذ العوامل الأخرى من عدد أوكتان المحرك وتوزيع الأوكتان بنظر الاعتبار أيضًا .

#### ج- السرعة :

تؤدي زيادة سرعة المحرك اعتياديًا إلى تقليل القرقة ؛ لأن تدوير الغاز السريع يسبب التعجيل في إكمال الاحتراق، ويمكن في السيارات الحديثة التحكم بمنظم الشرارة عند السرعات المختلفة وضمان أدنى قوة مستخدمة .

#### د- درجة الحرارة :

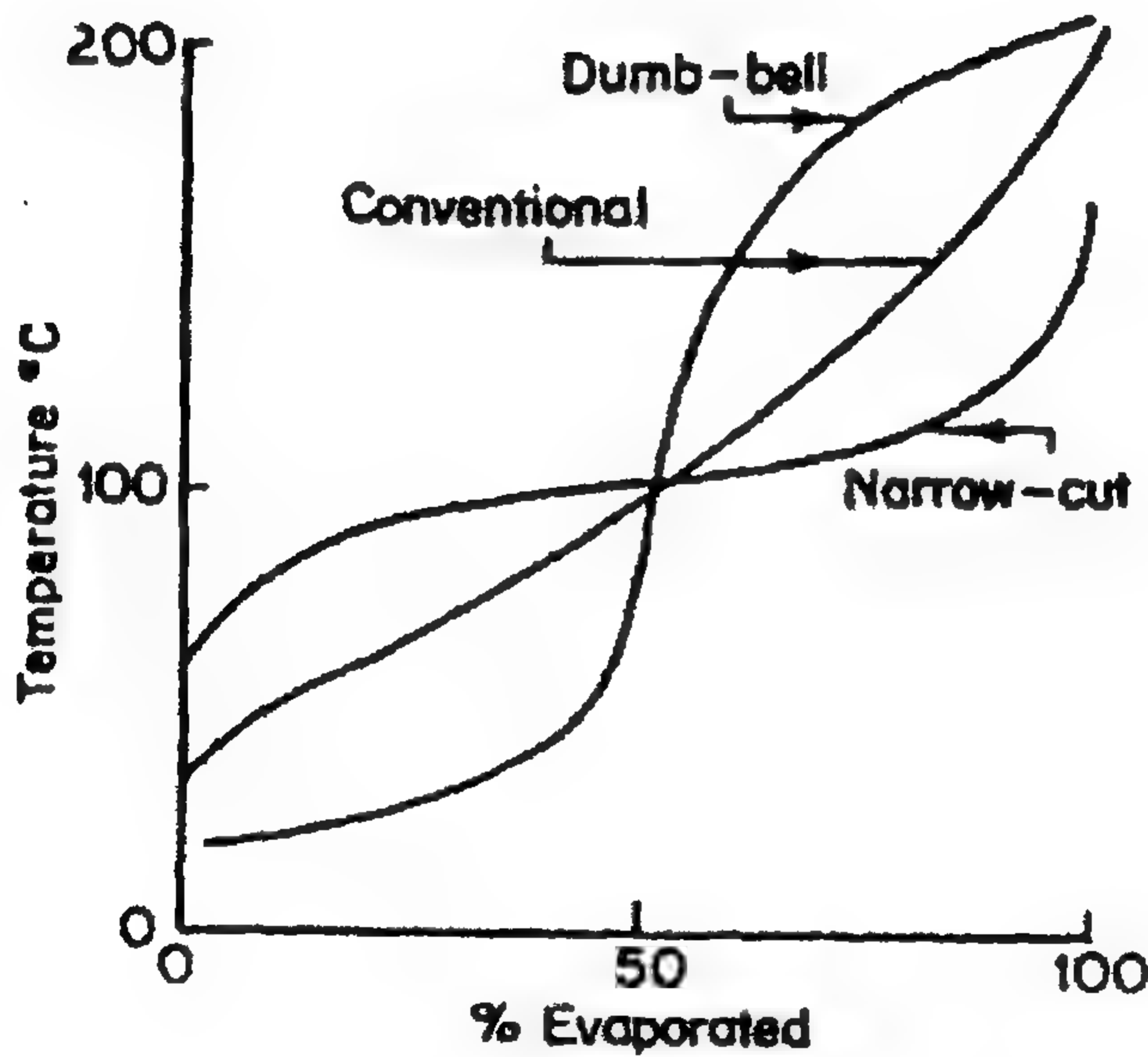
إن الزيادة في درجة حرارة المحرك تزيد من ميل ظهور القرقة . وتؤدي الحمولة الزائدة في الوقت نفسه إلى زيادة درجة حرارة المحرك وبدورها زيادة القرقة .

#### تطبيقات الجازولين :

لتطبيقات الجازولين تأثير أساسي على كفاءة المحرك المركبة . فهي تؤثر على سهولة الانطلاق وفترة التسخين والميل إلى فقدان

القوة نتيجة تكوين الثلج في غرفة المزج والتي لها تأثير على كبح البخار، وبالإضافة إلى ذلك تعتبر التطايرية عاملاً مهماً من الجوانب الاقتصادية للوقود .

وكما نعلم يعتبر الجازولين مزيجاً من مركبات هيدروكربونية ذات نقاط غليان مختلفة وهي تقع بين 30 - 250 °م ، ويمكن دراسة تطايرية الجازولين عن طريق الخط البياني للتقطيري، كما يظهر في الشكل التالي وهو يمثل الخط البياني لتقطير أنواع من الجازولين .



الخطوط البيانية لتقطير الجازولين

وبصورة عامة يمكن تقسيم الخطوط البيانية إلى ثلاثة أجزاء : النهاية الأمامية **Front - End** ، وهي تمثل الجزء المستقر إلى 70 °م ، والقسم

الوسطي، وهو يتقطر بين 70 - 150 °م، وجزء النهاية الخلفية back - end، ويشمل المكونات التي تغطي فوق 150 °م ، ومعظم أنواع الجازولين الموجودة في الأسواق لها بيانات تقطير مماثلة .

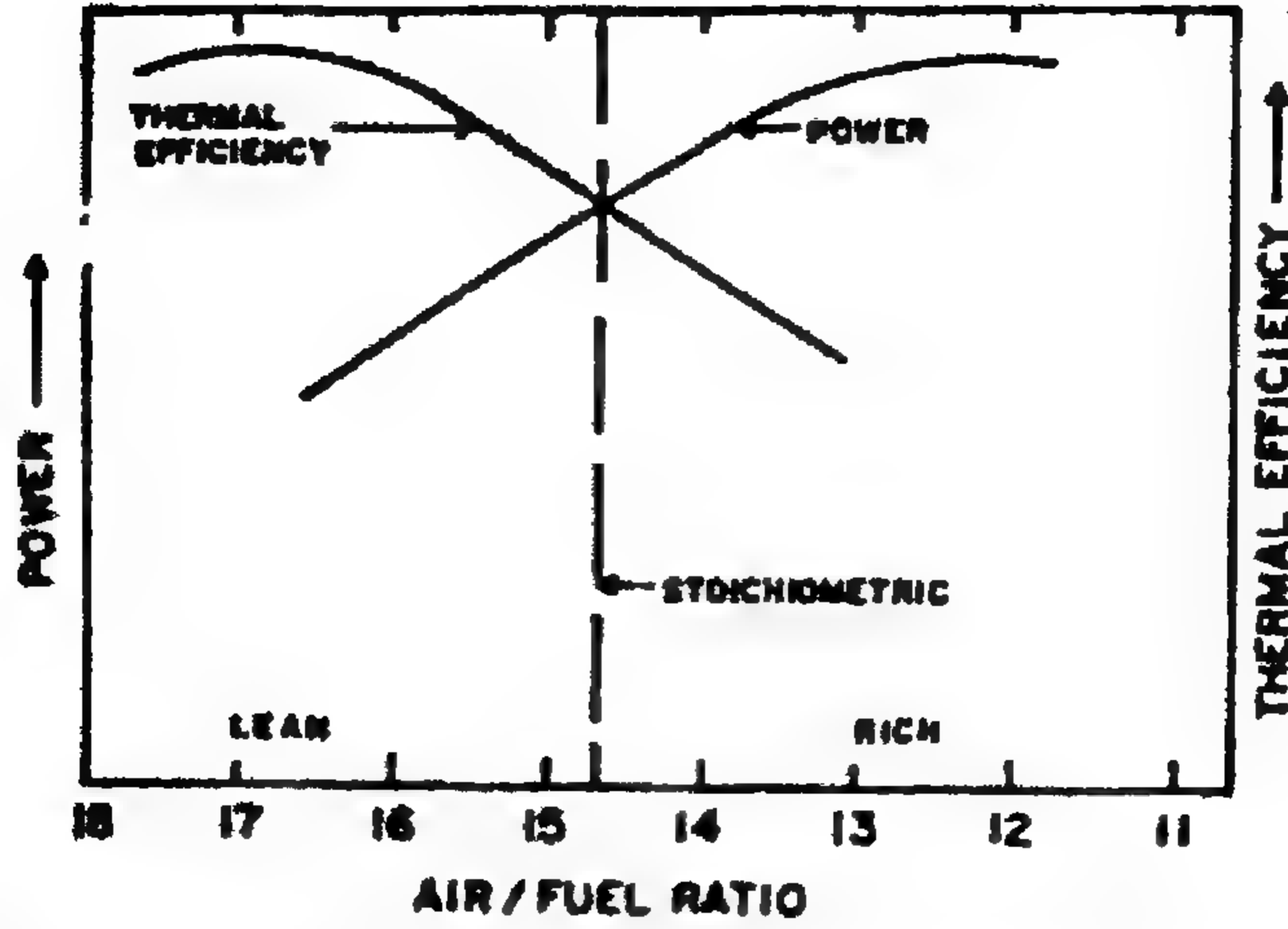
ويتكون النوع المسمى بالدمبل ( على شكل كرتين يربطهما قضيب ) من مزيج من المكونات الخفيفة والثقيلة مع مقدار قليل من مكونات المستقطرات الوسطية وتحدد تطايرية الجازولين بالنسبة لظروف المناخ وفصول السنة وظروف القيادة ونوع المركبة ( السيارة ) وطبيعة المنطقة من الناحية الجبلية والسهلية وغيرها .

وتؤثر التطايرية على كفاءة المركبة عند درجات الحرارة المختلفة والتي تبدأ من بداية التشغيل ونقطة الانطلاق مع التعجيل المناسب للسرعة والحد الملائم لاستهلاك الوقود ومضى تتفكك مكونات الوقود نهائياً .

والمفروض أن يحتوي مكبس المحرك على مزيج من بخار الوقود والهواء القابل للاشتعال عند بداية التشغيل ، ويمكن احتساب الهواء اللازم لأكسدة الوقود ، على سبيل المثال يتأكسد الهيبتان تحت ظروف الاحتراق بموجب المعادلة :



وعلى هذا الأساس يحتاج حجم واحد من الهيبتان إلى 11 حجم من الأكسجين أو 526 حجم من الهواء ، وتكون نسبة الهواء إلى الوقود كنسبة 1:15 . كما أن هذا التوازن يعطي القوة العظمى أو الكفاءة الحرارية العظمى للمحرك كما هو مبين في الشكل التالي :



تأثير نسبة الهواء إلى الوقود على قوة المحرك وكفاءته الحرارية

وفي الجو البارد يكون هذا المزيج غير كاف فلابد من فتح فوهة سحب الوقود وهي تسمى الخانق نحو غرفة الاحتراق لزيادة نسبة الوقود . وتوجد عوامل عديدة أخرى مرتبطة بتصميم المحرك ونوعية الوقود التي تسهل انطلاقة المحرك .

والخلية الكهربائية أيضاً تأثر على تشغيل المحرك خاصة في الجو البارد وتقل كفاءة الخلية الكهربائية بانخفاض درجة الحرارة فعند درجة حرارة الصفر المئوية تتحمل خلية جيدة 60 % من كفاءتها القياسية عند 25 °م ، وعند درجة - 17 °م تصل كفاءتها إلى 46 % .

### وقود الديزل :

انتشرت محركات الديزل في الفترة الأخيرة انتشاراً واسعاً وأصبحت أكثر استعمالاً من المحركات الأخرى ، وكانت في السنين الماضية مقصورة على وسائل النقل الكبيرة من البواخر والقطارات والشاحنات الكبيرة ؛ لأنها تحتاج إلى استهلاك طاقة كهربائية كثيرة .

وتتراوح القوة الناتجة من محركات الديزل بين كيلو وات واحد إلى 20 ألف كيلو وات وأكثر .

وإن محركات الديزل في الاحتراق الداخلي تشبه محركات البنزين ( الجازولين ) ، وهي تختلف عنها في نقطة جوهريّة وهي أن الهواء الداخل إلى المحرك يكون غير محصور بصمام خائق ولا يمتزج مع الوقود مسبقاً ويحدث الاشتعال تلقائياً دون وجود شمعة الاشتعال .

ويكبس الهواء داخل المكبس إلى حوالي ستة أضعاف الضغط الجوي العادي ويغذى المكبس بالوقود في نهايته ، كما يوجد في الوقت الحاضر أنواع مختلفة من وقود محركات الديزل وتحت مواصفات متباينة .

وتعتبر سرعة محركات الديزل من العوامل الرئيسية في تحديد نوعية الوقود المناسبة للاحتراق ، ويمكن تصنيف المحركات إلى بطيئة السرعة ومتوسطة وعالية ، وتتراوح سرعة المحركات البطيئة بين 100 - 500 دورة / دقيقة ، وسرعة المحركات المعتدلة ( الوسيطة ) بين 500 - 1500 دورة / دقيقة ، والمحركات السريعة بين 1500 - 2000 دورة / دقيقة .

وتعمل محركات الديزل عند نسبة انضغاطية بين 13 : 1 ، أو 17 : 1 ، وهي قيم تزيد على ما هي موجودة في محركات الجازولين، ويتم اشتعال الوقود بعد مزجه بالهواء الساخن بالانضغاط، وللحصول على تشغيل أفضل لابد من تأخير الاشتعال بعد التغذية فترة قصيرة جداً .

وتحدد جودة وقود الديزل بنفس الطرق الأساسية التي تستعمل لتصنيف جازولين السيارات ، وهي تشمل قياس القيمة



الاختراقية لوقود الديزل بالنسبة إلى مركب السيتان  $C_{16}H_{34}$  العادي، الذي تكون فترة تأخير اشتعاله قصيرة جدًا ، أو تقيس القيمة الاحتراقية بالنسبة إلى مركب مثيل النفثالين  $C_{11}H_{10}$  ، والذي تكون فترة تأخير اشتعاله طويلة .

فالوقود الذي يتمتع بخواص اشتعال مماثلة لمركب السيتان يعطى له عدد سيتاني 100 ويعطى لمركب مثيل النفثالين عددًا سيتانيًا مساويًا للصفر . وعلى هذا الأساس تعتبر المركبات الحلقية بصورة عامة، والمركبات الأروماتية الفطرية بصورة خاصة وقود يزل رديء النوعية .

وعندما يعطى وقود ما عددًا سيتانيًا 60 تكون خاصيته الاشتعالية مماثلة لوقود مكون من مزيج 60% سيتان، و 40% ألف مثيل النفثالين . تتطلب المحركات ذات السرعة العالية وقودًا ذا عدد سيتاني 50 أو أكثر؛ بينما تحتاج المحركات المتوسطة إلى وقود عدده السيتاني هو 45 ، وتحتاج المحركات البطيئة إلى عدد سيتاني بحدود 25 .

ويتم اختيار وقود الديزل بمواصفات متباينة لمواصفات الجازولين حيث تتميز جودة الجازولين بعدم اشتعاله عند زيادة الضغط داخل الأسطوانة وذلك بعكس وقود الديزل الذي يزداد قابليته السريعة للاشتعال عند زيادة الضغط. وعلى سبيل المثال يعتبر أيزوأوكتان من أحسن أنواع وقود الجازولين لكن عدده السيتاني هو 22 ، بينما الهيتان الذي عدده الأوكتاني هو الصفر يكون عدده السيتاني 64 .

ويمكن قياس جودة وقود الديزل بدراسة خواصه الفيزيائية من الكثافة وتعيين عدد الأثيلين ، وتسمى القيمة التي تربط الصفتين الفيزيائية والكيميائية بدليل الديزل .



ويشير عدد الأثيلين إلى درجة الحرارة التي تمتزج فيها أحجام متساوية من مركب الأثيلين والمركب البترولي ، ويحسب دليل الديزل من العلاقة التالية.

$$\text{دليل الديزل} = \frac{\text{نقطة الأثيلين} \times \text{الكثافة (API)}}{100}$$

ويمكن قياس جودة الوقود أيضاً بتعيين درجة الاشتعال، ونقطة الوميض، ونقطة الاحتراق، ونقطة الأدخان، وترتبط درجة الاشتعال التلقائية ارتباطاً وثيقاً بمواصفات الوقود الكيميائية والفيزيائية وهي تقاس بطريقة الانضغاط الذاتية لمزيج من الهواء وبخار الوقود في أسطوانة مدببة يتم فيها الاشتعال .

وعلى هذا الأساس تعتبر درجة اشتعال الهيكسان 360 °م، والهيبتان 330 °م ( كوقود الديزل )، والبنزين الأروماتي 420 °م، والجازولين بين 353 - 367 °م . وتقاس نقطة الوميض داخل القدح الوميضي القياسي وهي عبارة عن الدرجة الحرارية التي يتكون فيها وميض ناتج من مرور لهب فوق القدح الذي فيه مقدار من بخار المشتق البترولي، وهي تشير بصورة عامة إلى مقدار المواد المتطايرة في الوقود السائل .

### الوقود المنزلي :

تنقسم أنواع الوقود المستخدمة في الشئون المنزلية إلى :

- أ- غازات البترول كغازات البترول المسالة وهي تشمل غازي البروبان والبيوتان .
- ب- الزيوت الخفيفة من الكيروسين وزيت الغاز .

ويمكن إسالة الغازات بصورة عامة بتبريدها إلى درجة الحرارة الحرجة مع ما يلزم من الضغط وحفظ السائل في أسطوانة خاصة واستعماله كوقود غازي بعد رفع الضغط عليه . ويعتبر البيوتان أكثر غازات البترول المستخدمة في المنازل كمصدر حراري وضوئي .

ويستعمل غاز البروبان المسال أيضاً كمصدر حراري وضوئي، ويمكن استعمال كل من الكيروسين وهو النفط الأبيض في هذا المجال أيضاً . يتكون البروبان البخاري في الغالب ومعه مقدار من البيوتان وله المواصفات التالية :

- أ- ألا يتجاوز المحتوى الإجمالي لهيدروكربونات (  $C_2$  ) 5 % من المول والمقاس بواسطة الطيف الغازي والطيف الكتلي والطيف تحت الأشعة الحمراء .
- ب- ألا يتجاوز محتوى البروبين 1% مول .
- ج- ألا يتجاوز محتوى الهيدروكربونات (  $C_4$  ) أو أكثر 10 % مول .
- د- ألا يتجاوز الضغط البخاري عند 45 °م 17.6 جو .
- هـ- ألا يتجاوز محتوى الكبريت عن 0.2 % وزناً ومحتوى الميركبثان 0.005 % م / م .
- و- ألا يتجاوز محتوى كبريتيد الهيدروجين 0.5 جزء من المليون وألا يتجاوز محتوى الاستيلين 2% مول والمقاييس بطريقة الطيف الغازي .
- ز- أن يكون للغاز رائحة متميزة غير كريهة ويكون الحد الأدنى لاشتعاله في حدود 2.4 % حجماً من الهواء .

كما يتميز وقود البيوتان بالمواصفات التالية :

- أ- أن يتبخر حوالي 85 % من محتوياته عند 2.5 °م والضغط الجوي الاعتيادي .
  - ب- ألا يتجاوز الضغط البخاري 5.8 جو عند 45 °م .
  - ج- ألا يتجاوز محتوى المكونات غير المشبعة الثنائية 10 % .
  - د- ألا يتجاوز محتوى الكبريت 0.02 % وزناً، والمركبتان 0004 % م / م وغاز كبريتيد الهيدروجين 0.5 جزء من المليون .
  - هـ- ألا يتجاوز محتوى الأستيلين 2 % مول .
  - و- وأن يكون للغاز رائحة مقبولة وغير كريهة .
- ويعتبر الضغط البخاري من أهم المميزات المهمة لغاز البترول المسال، وبواسطته يعين الضغط الذي يبذله الغاز عند درجة الحرارة الاعتيادية، وهو يؤثر على مستلزماته أثناء استهلاكه وخزنه .
- ويمثل الضغط البخاري حالة توازن السائل وبخاره عند أية درجة حرارية ، كما أن درجة غليان السائل في الحقيقة هي الدرجة التي عندها يكون الضغط البخاري مساوياً للضغط الجوي .
- ويحتوي كل من غازي البروبان والبيوتان البخاريين في الغالب على نسب من المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة وكميات قليلة من الهيدروكربونات المشبعة القريبة منها .

## الوقود الزيتي :

يطلق اسم النفط الأبيض، أو زيت الفحم على الكيروسين، وهو يتضمن ناتج تقطير البترول الخام من المركبات الهيدروكربونية التي تتراوح درجات غليانها بين 175 - 275 °م وكثافتها بين 43 - 45 درجة .

ويستعمل الكيروسين كوقود للمحركات النفاثة، كما يستعمل على نطاق واسع كوقود منزلي للإضاءة والتسخين والتدفئة . يحتوي الكيروسين على عدد من المركبات الهيدروكربونية يتراوح عدد ذرات الكربون بين 11 - 15 ذرة ، ويتم تصفية الكيروسين بواسطة ثنائي أوكسيد الكبريت المسال كمذيب جيد للأوليفينات والمواد الأروماتية غير المرغوب بها .

وتتضمن المعالجة معاملة النفط الأبيض مع ثنائي أوكسيد الكبريت السائل في درجة حرارة منخفضة ( في حدود - 11 °م ) وتحت ضغط عال لمنع تبخر ثنائي أوكسيد الكبريت تذوب المركبات الأروماتية والهيدروكربونات غير المشبعة في الغاز المسال، ومن ثم يعاد المذيب بعملية التقطير .

ويمكن استعمال طريقة الهدرجة في تحلية الكيروسين ، وهي تتضمن معاملة الكيروسين بغاز الهيدروجين في وجود العامل المساعد من الكوبلت - الموليبيدوم وظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة .

وتتفاعل المركبات الكبريتية والنتروجينية مع الهيدروجين مكونة غازي كبريتيد الهيدروجين والأمونيا على التوالي، ويصبح الكيوسين صالحًا لأغراض التسخين والاستعمالات الصناعية الأخرى .

وبعد صنع الطائرات النفاثة ازداد الإقبال على استعمال الكيوسين كوقود لمحركات الطائرات النفاثة بعد إجراء معالجات كيميائية وفيزيائية خاصة، كما أن الوقود المسمى كيوسين توربينات الطائرات يكون ذو نقاوة عالية جدًا ولا تتجاوز درجة تجمده - 50 °م منعًا لتكوين بلورات صلبة قد تسد أنابيب توصيل الوقود .

ويمكن تصنيف الكيوسين بصورة عامة إلى الأنواع التالية :

أ- كيوسين الدرجة الخاصة ( الاستثنائية ) (  $C_1$  ) : مستقطر الدرجة العالية ويستخدم في السخانات البارافينية .

ب- كيوسين الدرجة القياسية (  $C_2$  ) ، ويستخدم في السخانات المنزلية المزودة بمصابيح التبخير أو سخانات الضغط النفاثة .

ج- زيت الغاز (  $D$  ) : وهو أثقل المستقطرات ويستخدم على نطاق واسع في السخانات المنزلية المزودة بمصابيح آلية من نموذج الضغط النفائى ومن الخصائص المهمة لوقود الطائرات هو درجة اللزوجة ، ودرجة التجمد والقابلية على التبخر . والجدول التالي يبين المواصفات الكيميائية والفيزيائية لوقود الطائرات :

40	الكثافة بمقياس API
41 °م الحد الأدنى	نقطة الوميضين
170 °م	المقطر 10 % بالحجم
275 °م	نقطة الغليان النهائية
25 الحد الأدنى	اللون بطريقة السيبوليت
30 جزء بالمليون	الكبريت
سالب	الكشف
10 ملغم / كغم الحد الأدنى	قيمة التفحم
6 ملغم / 100 ملغم الحد الأعلى	المواد الصخرية
25 ملغم الحد الأدنى	نقطة الأدخان
- 50 °م الحد الأعلى	نقطة التجمد
لا توجد	الحامضية غير العضوية

## وقود الصواريخ :

يشمل موادًا اعتيادية من الجازولين والكيروسين، ويكون معدل احتراق وقود الصواريخ عالٍ جدًا ويكون مصحوبًا بارتفاع عالٍ في درجات الحرارة فتتراوح درجة الحرارة في محرك الصواريخ بين 2760-3310 °م ، بينما تكون درجة حرارة محرك الطائرات النفاثة في حدود 975 °م .

يتم الحصول على هذا المعدل السريع من الاحتراق بواسطة الأكسجين السائل أو بعض المواد المؤكسدة القوية مثل: بيروكسيد الهيدروجين ( 95 - 100 % ) ، وحامض النتريك الداخن، وكذلك الأوزون والفلور .



ويمكن تصنيف أنواع وقود الصواريخ بواسطة قوة الدفع النوعي، ويعرف الدفع النوعي بمقدار الدفع بالباونات لكل باوند وقود في الدقيقة، ويمثل الجدول التالي نماذج من الدفع النوعي لبعض الوقود .

وإن مصدر الدفع في الصواريخ المستعملة في الألعاب النارية هو الغازات الساخنة والناجمة عن احتراق الوقود الصلب ، وتحتوي معظم الصواريخ القاذفة الصغيرة على مزيج من نايتروجليرين والنايترو سليلوز، ويمكن استعمال الهيدرازين والبوراميد وأنواع البوليميرات الخاصة كوقود صلب .

### زيت الغاز :

يتألف زيت الغاز بصورة عامة من نوعين : الزيت الخفيف والزيت الثقيل . يحتوي مستقطر زيت الغاز على مركبات هيدروكربونية يتراوح عدد ذرات كربونها بين 15 - 25 ذرة، وتتراوح درجات غليانها بين 170 - 370 °م وتكون قيمتها الحرارية منخفضة .

الدفع النوعي والعوامل المؤكسدة القوية

الدفع النوعي	المادة المؤكسدة	الوقود
242	1.5 O <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> .OH
230	4H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ( % 99 )	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> .OH
248	2.2 O <sub>2</sub>	JP <sub>4</sub>
250	1.3 O <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
277	0.6 O <sub>3</sub>	NH <sub>2</sub> – NH <sub>2</sub>
288	2.6 F <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
291	5.0 F <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
296	2.3 F <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> . OH
298	1.98 F <sub>2</sub>	NH <sub>2</sub> – NH <sub>2</sub>
511	8.1 O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>

\* \* \*

## الأسئلة

- 1- اكتب مذكرات علمية وافية عن كل مما يأتي :
  - أ- الوقود الغازي .
  - ب- الغاز الطبيعي .
  - ج- غاز الفحم .
- 2- اذكر الطرق المختلفة لإزالة الماء من الغاز الطبيعي وهو على شكل البخار .
- 3- تكلم عن إسالة الغاز الطبيعي مبيناً الطرق المختلفة التي تعتمد على استتباط وسائل لإحداث التبريد الشديد .
- 4- تكلم بالتفصيل عن جازولين الطيران، وبين العمليات المختلفة التي يتم معالجة الجازولين بها للحصول على أنواع جيدة منها .
- 5- وضح بالشرح والمعادلات الاحتراق في محركات الاشتعال بالشرارة .
- 6- اكتب مذكرات علمية وافية عن متطلبات نوعية جازولين الطائرات .
- 7- تكلم بالتفصيل عن وقود المحركات التروبيينية، وكذلك متطلبات القرقة في محركات السيارات .
- 8- اكتب ما تعرفه بالتفصيل عن كل مما يأتي :
  - أ- النسبة الانضغاطية .
  - ب- تنظيم فترة الاشتعال .
  - ج- تطايرية الجازولين .
  - د- وقود الديزل .
  - هـ- الوقود المنزلي .
  - و- الوقود الزيتي .
  - ز- وقود الصواريخ وزيت الغاز .

\* \* \*

## الباب الثاني عشر

### الطاقة وتفاعلات الصناعات الكيميائية

الطاقة المستعملة في تفاعلات الصناعات الكيميائية :

تتضمن التفاعلات الكيميائية تبدلات في بنية المواد ومحتواها الحراري، وذلك بإعادة ترتيب ذرات العناصر المكونة للمواد ومصحوبة بتكسير الروابط الكيميائية وتكوين روابط جديدة .

ويلزم هذا التغيير البنائي تغيير في المحتوى الحراري للمواد . وتستخدم لإنجاز هذه التغييرات أنواع مختلفة من الطاقة كوسيلة للحصول على الحرارة اللازمة وهي :

أ- الطاقة الحرارية المباشرة :

هي طريقة مباشرة لتزويد المواد المتفاعلة بالطاقة الحرارية اللازمة لتنشيط وإتمام التفاعل الكيميائي ، ويتم ذلك تكنولوجياً ( أي على المستوى الصناعي )، ومختبرياً بالتسخين المباشر في مصدر حراري مثلاً بالاحتراق ( اللهب )، كما في صناعة الأسمنت، والجير الحي، والحديد وغيرها، أو باستعمال وسط ناقل للحرارة مثل: التسخين بالبخار كما في أنواع المبادلات الحرارية .

ب- الطاقة الكهربائية :

تعتبر الطاقة الكهربائية من المصادر الحرارية الشائعة لإنجاز التفاعلات الكيميائية في المجال الصناعي ، وتقرب التفاعلات الكيميائية بالطاقة الكهربائية

في مجال عمليات التحلل الكهربائي للمواد الإلكترونية ، ويتم التفاعل الكيميائي في خلية كهربائية تحتوي على قطب موجب وقطب سالب .

ويعتمد تركيب الخلية الكهربائية على طبيعة التفاعل الكيميائي والخامات المستعملة ، مثلاً عند تنقية المعادن يتكون القطب الموجب من معدن نقي، والقطب السالب من صفائح خامات المعادن غير النقية .

أما في عملية تحلل محلول كلوريد الصوديوم أو البوتاسيوم كهربائياً يتكون القطب الموجب من الحديد أو الفضة والقطب السالب من الجرافيت .

### ج- الطاقة الميكانيكية :

تستعمل الطاقة الميكانيكية في التفاعلات الكيميائية بصورة مباشرة أو غير مباشرة، وتطبق هذه العملية على المواد الصلبة؛ ففي الطريقة غير المباشرة يتم سحق المواد الصلبة مما يؤدي إلى تغيير شكلها، أو تحطيم هيكل بلوراتها دون إحداث أي تغيير على الصفة الكيميائية للمادة .

وتعتبر عملية السحق كما تطرقنا إليها عملية تمهيدية والغرض منها تنشيط مكونات المادة الصلبة للاشتراك في التفاعلات الكيميائية اللاحقة، كما عند استخلاص معدن الألمنيوم من خام البوكسيت إذ يسحق الخام إلى دقائق ناعمة قبل مزجه بالمقلويات في الخلية الكهربائية .

وتستعمل الطاقة الميكانيكية في التفاعلات الكيميائية بصورة مباشرة حيث يتم تنشيط المادة الصلبة بالسحق ميكانيكياً في وجود المواد المتفاعلة الأخرى، ويتم التفاعل آنياً بواسطة الطاقة الحرارية المكتسبة من العمليات الميكانيكية .

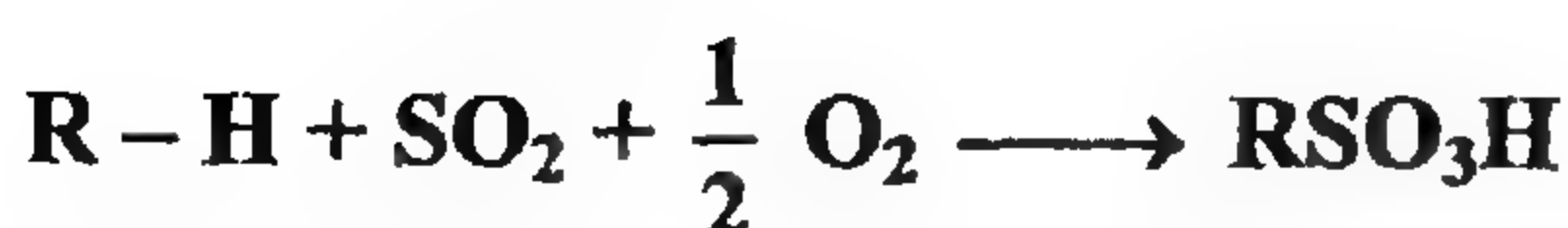
فمثلاً لتحضير كربونيل النيكل يمزج النيكل مع أول أكسيد الكربون لينشط النيكل للتفاعل من خلال الطاقة الميكانيكية المستعملة في عملية الطحن الاهتزازي الناتجة من الحركة الاهتزازية الدورانية السريعة، وتستخدم الطاقة الميكانيكية روابط البوليميرات العالية أيضاً .

#### د- الطاقة الضوئية :

تعتبر الأشعة الضوئية مصدراً من مصادر الطاقة الحرارية المستخدمة في التفاعلات الكيميائية ومن أنواع الأشعة الفعالة بصورة خاصة هي الأشعة البنفسجية ، حيث تمتص الأشعة على شكل وحدة الكم الضوئية فوتون، ويمكن الحصول على الأشعة فوق البنفسجية من مصباح يحتوي على بخار الفضة ، وتحسب كمية الأشعة من العلاقة التالية :

$$Q = \frac{\text{عدد الجزيئات المتفاعلة}}{\text{عدد وحدات الكم الضوئي}}$$

ومن مميزات استعمال الأشعة الضوئية إمكانية إنجاز التفاعلات الكيميائية المتسلسلة على المستوى المعمل والصناعي ، مثلاً تحضير مشتقات البارفين للكلور والسلفونية والأكسدة السلفونية وإضافة الكلور إلى حلقة البنزين وغيرها كما يلي :





## هـ- الطاقة الحيوية :

تستعمل في هذه الطريقة بصورة مباشرة، أو غير مباشرة كائنات حية مجهرية كالبكتريا، أو كائنات تحت المجهرية كالفيروسات، وكائنات عضوية أخرى دقيقة حيوانية أو نباتية ، وتحدث التفاعلات الكيميائية داخل أو خارج الخلية الحية بمساعدة إفرازات خاصة تفرزها الخلية وتقوم مقام العامل المساعد وتسمى بالأنزيمات التي تتميز بفعاليتها العالية .

تتأثر فعالية الأنزيمات بدرجات الحرارة بحيث تبطل فعاليتها بارتفاع درجة الحرارة لفترة طويلة ، وتتأثر فاعلية الأنزيمات أيضاً بطبيعة الوسط من حيث درجة الحمضية والقاعدية .

ومن المعروف أن لكل أنزيم مفعولاً خاصاً فهو يشترك في تفاعل واحد فقط، كما هي الحالة في تحلل السكر الثنائي، أو النشا، أو البروتين - فالأنزيم الذي يشترك في تحلل السكر الثنائي إلى السكر الأحادي لا يؤثر على النشا أو البروتين ، وكذلك فإن لكل نوع من البروتين أنزيماً خاصاً لتحلله أو لبنائه .

وتلعب الطاقة الحيوية دوراً بارزاً في مجالات الصناعات الصيدلانية خاصة في تحضير مجموعة المضادات الحيوية وأنواع الخمائر والأنزيمات ، مثلاً عند تحضير ما بواسطة خميرة يسمح للخميرة بالنمو والتكاثر في وسط التفاعل إلى حد معين ومن ثم تستكمل العمليات التكميلية بإحدى الطرق التالية :

أ- يقضى على حيوية الخميرة بتأثير الحرارة أو بتغيير وسط التفاعل بعد إفراز الخميرة كمية مناسبة من الأنزيم، ثم يستخلص الأنزيم من الوسط ويستعمل لإنجاز تفاعل كيميائي معين .

ب- يحتفظ بحيوية الخميرة لإفراز الأنزيمات التي تدخل في التفاعلات الكيميائية، كما هي الحالة في تحضير الكحول الأيثلي، والكحول البرويلي، والأسيتون، وحامض الخليك، واللاكتيك والستريك، وكذلك تفاعلات الأكسدة والاختزال في مجال كيمياء الفلوريدات، وبعض مجالات صناعة البتروكيمياويات والبروتين والفيتامين.

ج- يستمر نمو الخميرة وتكاثرها كما هي الحالة في تحضير بعض المضادات الحيوية مثل البنسلين وبعض الفيتامينات.

#### و- الطاقة الإشعاعية :

تستعمل هذه الطريقة في التفاعلات الكيميائية التي تستمد طاقتها من الطاقة الإشعاعية المتضمنة للحرارة، تتبع هذه الأشعة من انشطار نويات بعض العناصر الطبيعية والصناعية ذاتياً كأشعة  $\alpha$  و  $\beta$  و  $\gamma$  والأشعة النيوترونية.

ولا يزال استغلال هذه الطاقة في مجالات الصناعة موضع البحث والتدقيق والنقد نتيجة الصعوبات التكنولوجية وتعقيد مفاعلاتها وزيادة الكلفة الاقتصادية ومشكلة التخلص من نفايات هذه المواد المشعة والتي تعتبر خطرة على سلامة البيئة وحياة الكائنات الحية.

علمًا بأن هذه الطاقة تستعمل في الوقت الحاضر في بعض الدول الصناعية المتقدمة للحصول على الطاقة الحرارية ومنها الطاقة الكهربائية وغيرها من أنواع الطاقات الأخرى.

## علاقة التفاعل الكيميائي بالحركية الحرارية تكنولوجياً :

يتطلب الإنجاز التكنولوجي للتفاعل الكيميائي بصورة عامة الإلمام بموضوعية الديناميكا الحرارية وحركية التفاعل الكيميائي واللذين يبحثان علاقة حالات المادة بالحرارة وسرعة التفاعلات الكيميائية وميكانيكيتها .

ويمكن من خلال هذه الدراسة إيجاد قيم مجموعة العوامل التي تؤثر على تفاعل كيميائي معين مختبرياً ، من ثم تطبيقها تكنولوجياً في المجال الصناعي ، وأهم هذه العوامل هي الضغط ودرجة الحرارة وحالة الاتزان الكيميائي وغيرها .

ويمكن إيجاد معامل اتزان التفاعل الكيميائي اعتماداً على قوانين الحركية كما يلي :



$n$  = عدد المولات

وينقل الطرف الأيسر من المعادلة إلى الطرف الأيمن :

$$- n_a A - n_b B + n_c C + n_d D = 0$$

وبفرض أن  $v_i$  يمثل معامل اتزان التفاعل الكيميائي، وبحيث يكون للمواد المشتركة في التفاعل .  $v_i = - n_i$  وللمواد الناتجة من التفاعل الكيميائي  $v_i = + n_i$  .

وبالتعويض عن قيمة  $n_i$  بقيمته  $v_i$  تصبح المعادلة بالشكل التالي :

$$v_a A + v_b B + v_c C + v_d D = 0$$

ويمكن صياغة المحتوى الحراري للتفاعل .  $(\Delta H^R)$  والمحتوى الحراري للتكوين  $(\Delta H^F)$  - عند الحالة الغازية في درجة 25°م والضغط الجوي الاعتيادي بالشكل التالي :

$$\Delta H^R = -n_a \Delta H_A^F - n_b \Delta H_B^F + n_c \Delta H_C^F + n_d \Delta H_D^F$$

وباستعمال معامل ائزان التفاعل الكيميائي (  $\nu$  ) تصبح المعادلة بالشكل

التالي :

$$\Delta H^R = -\nu_a \Delta H_A^F - \nu_b \Delta H_B^F + \nu_c \Delta H_C^F + \nu_d \Delta H_D^F$$

$$\Delta H^R = \sum \nu_i \Delta H_i^F \quad \dots (1)$$

ويجب في الحالة السائلة أخذ المحتوى الحراري للتبخير  $\Delta H^{LV}$  بنظر

الاعتبار حسب المعادلة التالية :

$$\Delta H_{i,I}^F = \Delta H_{i,g}^F - \Delta H^{LV}$$

حيث :  $\Delta H_{i,I}^F$  = المحتوى الحراري لكل المكون.

$\Delta H_{i,g}^F$  = المحتوى الحراري للمكون في الحالة الغازية .

ولإيجاد ثابت الاتزان يجب استخراج إنتروبي التفاعل وهي دالة

للعشوائية في نظام معين، ويحسب الإنتروبي للحالة الغازية عند درجة 25°م

والضغط الجوي الاعتيادي حسب المعادلة  $\Delta S^R = \sum \nu_i S_i$  .

حيث إن  $\nu_i$  يمثل معامل ائزان التفاعل الكيميائي للمادة (i) المشتركة في

التفاعل ، وإن (  $S_i$  ) رمز للإنتروبي المولارية القياسية للمادة (i) في الحالة

السائلة عند درجة 25°م والضغط الجوي العادي .

وينظم قانون جيبس هيلمهولز العلاقة بين  $\Delta H^R$  و  $\Delta S^R$  والمحتوى

الحراري الحر  $\Delta G^R$  بالشكل التالي :

$$\Delta G^R = -RT \ln C_p$$

$$\ln C_p = \frac{\Delta G^R}{2.3 RT} - \frac{\Delta S^R}{2.3 RT} - \frac{\Delta H^R}{2.3 RT}$$

$$= 0.2185 \Delta S^R - 0.1285 \frac{\Delta H^R}{T}$$

## طرق سير التفاعلات الكيميائية :

تعتمد الطريقة التي بواسطتها تضاف المواد المتفاعلة وتسحب النواتج - بالدرجة الأولى - على الحالة الفيزيائية للمواد وظروف التفاعل وكميات المواد المستهلكة ، وفي حالة إنجاز تفاعلات الطريقة المتقطعة في المختبر نموذجياً تنقل المواد الكيميائية في الحالة السائلة بالسكب الفيزيائي من وعاء إلى آخر ، وتنقل الغازات خلال فتحة أنبوب صغير بسبب اختلاف الضغط .

وبصورة عامة يكون معظم النقل الكيميائي على شكل سريان السائل أو الغاز، وكذلك إن معظم النقل في مشروع كيميائي يكون غالباً للمواد التي تكون الحالة السائلة، ويؤخذ ذلك عند التصميم بنظر الاعتبار .

ويواجه الكيميائي في تصميم وإنجاز جهاز نموذجي لعملية متواصلة عدداً من المشاكل المرتبطة بسريان السوائل ، وتتركز المشكلة على نقل السوائل من موقع إلى آخر خلال المضخة المناسبة للضغط وقياس سرعة السريان وعلاقتها بطرق سير التفاعلات الكيميائية، وتصنف طرق إنجاز التفاعلات الكيميائية في مفاعلات خاصة وتحدث تحت ظروف التفاعل المثبتة إلى :

### أ- الطريقة المتقطعة ( غير المتواصلة ):

وتسمى أيضاً بطريقة الوجبات وينجز التفاعل الكيميائي في المفاعل بدفعة واحدة منفردة ، فيملأ المفاعل بالمواد المتفاعلة وتهيأ ظروف التفاعل: من الضغط ودرجة الحرارة والزمن وغيرها، وبعد إنجاز التفاعل الكيميائي يفرغ المفاعل تماماً ويعاد ملؤه وتفرغ به هذه الطريقة المتقطعة .



وتجمع المواد الناتجة من التفاعل لإجراء العمليات التكميلية اللاحقة ، وتوجد صناعات عديدة تجري العمليات الكيميائية حسب نظام الوجبات كصناعة الصابون والبلمرة التكتيفية وبلمرة العوالق والصناعات الصيدلانية وجوانب من صناعة السكر والورق .

ويفضل بوجه عام استعمال الطريقة المتقطعة في الحالات التالية :

1- تحتاج إتمام هذه التفاعلات فترة زمنية طويلة يتعذر توفيرها في المفاعلات المتواصلة ( المستمرة ) إلا في حالات استعمال مفاعلات كبيرة أو أنبوبية طويلة لإتاحة الفترة الزمنية الكافية لإتمام التفاعل الكيميائي إضافة إلى أن المفاعلات المتواصلة لها مردود تقني معقد وكلفة عالية .

2- النقاوة العالية :

يمكن السيطرة على جميع العوامل المؤثرة على التفاعل من الضغط ودرجة الحرارة والزمن وغيرها، ومن ثم التحكم في نقاوة المادة الناتجة كما هي الحالة عند تحضير المستحضرات الصيدلانية والطبية والأصباغ وغيرها .

3- إمكانية الخزن :

قد تحتاج بعض المواد المحضرة إلى تخزينها لفترة زمنية معينة قبل إجراء العمليات التكميلية اللاحقة، كما هي الحالة في صناعة الراتنجات والغرى .

ب- الطريقة المتواصلة:

يغذى المفاعل بالمواد المشتركة في التفاعل بصورة متواصلة، وتثبت الظروف الفيزيائية للتفاعل الكيميائي من الضغط ودرجة الحرارة والزمن



وغيرها، وتخرج المواد الناتجة من المفاعل بصورة مستمرة أيضاً لإتمام العمليات اللاحقة، وبحيث يكون هناك اتزان كمي بين المواد التي تدخل المفاعل والتي تخرج منه ويفضل بوجه عام استعمال الطريقة المتواصلة في الحالات التالية :

#### 1- الاقتصاد في الطاقة :

تؤدي العمليات الفيزيائية في تغذية وتفريغ وتسخين وتبريد المفاعل بصورة متقطعة إلى خسارة كبيرة في الطاقة ، ويمكن تفادي هذه الخسارة إلى حد كبير بالطريقة المتواصلة .

#### 2- السيطرة على سير التفاعل وطبيعته :

تجهز المفاعلات المتواصلة بأجهزة قياسية مختلفة، حيث يمكن عن طريقها السيطرة والتحكم بتغذية المفاعلات وضبط ظروفها الفيزيائية من الضغط ودرجة الحرارة والزمن والتركيز وغيرها مع ضمان توزيع هذه الظروف جميعاً توزيعاً متجانساً داخل المفاعل مما يؤدي إلى إنجاز تفاعل متجانس .

#### 3- سعة المفاعلات :

تكون مفاعلات الطريقة المتواصلة بصورة عامة صغيرة الحجم بحيث يمكن استغلالها بصورة مكثفة ومركزة ونشطة لإنتاج أعلى ، وهي تحتل مواقع صغيرة نسبياً من أرض المعمل .

#### 4- توفير الأيدي العاملة :

بما أن العمليات الفيزيائية المتضمنة في التغذية والتفريغ وغيرها تتم بصورة آلية متواصلة باستعمال الأجهزة القياسية، فإن ذلك يؤدي إلى توفير الأيدي العاملة .

طرق مزج المواد المتفاعلة في المفاعلات :

يتطلب إنجاز التفاعلات الكيميائية المتواصلة تقنيًا مزج مكونات التفاعل بطرق ثلاث وهي كما يلي :

أ- طريقة التيار المباشر ( الموازي ) .

ب- طريقة التيار المضاد .

ج- التيار المتقاطع .

ويتوقف اختيار الطريقة على مدى تجانس المواد المتفاعلة والنااتجة من التفاعل، وتستعمل طريقة التيار المضاد والمتقاطع بصورة عامة في التفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى تكوين غير متجانس يمكن فصله عن بعضه، وتستعمل طريقة التيار المباشر في الحالات التالية :

أ- عندما تكون مكونات ناتج التفاعل غير متجانسة .

ب- عندما تكون مكونات ناتج التفاعل غير متجانسة، لكن لا يمكن فصل هذه المكونات بسهولة بسبب تقارب الكثافة أو تكوين دقائق ناعمة أو غروية .

ج- عندما تكون مكونات الناتج مواد صلبة .

وعند استعمال طريقة التيار المباشر يكون التبادل الحراري والمادي بين وسطي التفاعل في البداية عاليًا جدًا ، ويحدث الاتزان الكيميائي والحراري أثناء قطع المسافة داخل المفاعل، ويترك الوسطان المفاعل بمعدل درجتَي حرارتهما ويمكن حساب الكفاءة الحرارية للتبادلات الحرارية بين الوسطين من العلاقة التالية :

$$\eta_{th} = \frac{Q}{Q_{max}}$$

$\eta_{th}$  = الكفاءة الحرارية .

$\theta$  = كمية الحرارة المتبادلة الحقيقية.

$\theta_{\max}$  = كمية الحرارة المتبادلة النظرية .

وعند وضع مقارنة لقيمة  $\eta_{th}$  في الحالات الثلاث، ويتضح بأن طريقتي التيار المضاد والتقاطع أكثر فعالية من حيث التبادل الحراري من طريقة التيار المباشر ، غير أن نظام التيار المتقاطع يصعب استعماله تقنيًا بسبب تعقيد مفاعلاته ، وتستهمل هذه الطريقة على الأغلب في أبراج التبريد .

### سريان السائل :

إن سريان السائل مصطلح يعني حركة المواد مثل: السوائل والغازات، أو تفريق الجوامد على مناطق محدودة ، ولطبيعة السريان تأثير عميق على نقل الحرارة أو تحول الكتلة إلى سائل حار .

وحيث يمر سائل ما خلال أنبوب بسرعة سريان كتلة ثابتة ، يجب أن تكون كتلة السائل الداخل في أحد طرفي الأنبوب في وحدة الزمن تساوي كتلة السائل الذي يترك الأنبوب في النهاية الأخرى في الوحدة الزمنية نفسها .

واستنادًا إلى أساس قانون فعل الكتلة ووحدة الزمن، فإن كتلة السائل الذي يخترق أية مساحة للمقطع العرضي الإجمالية للأنبوب تساوي كتلة السائل الذي يجري عبر أية مساحة للمقطع العرضي الآخر للأنبوب .

ويمكن تقسيم سريان السائل خلال أنبوب ما إلى صنفين رئيسين :

أ- السريان الانسيابي :

ويسمى أيضًا بالسريان اللزج، ويكون سريان مسار جميع دقائق السائل على امتداد خطوط متوازية لمحور السريان ويسمى أيضًا بالسريان الانبساطي .

ب- السريان الدوامي :

ينحرف المسار المتبع من قبل دقائق السائل كثيرًا عن الخط المستقيم الموازي ويظهر على شكل دوامي، ويظهر التمييز بين النوعين وبوضوح من التجربة البسيطة التالية :

يمرر تيار من سائل ملون في سائل آخر فيجري داخل أنبوب زجاجي، فإذا تحرك السائل بسرعة منخفضة ، سيجري السائل الملون خلاله النظام بخط مستقيم ، وتحت هذه الظروف وحين لا يوجد امتزاج بين السائلين يحصل السريان الانسيابي .

وبازدياد سرعة السائل ستبدأ عملية الدور بالظهور ، وإذا ازدادت السرعة إلى درجات أكبر فيحصل امتزاج كلي ويوصف السريان بأنه دوامي ويشخص أو يعين نوع السريان باستعمال وسائط عديمة الوحدات والتي تسمى بعدد رينولد .

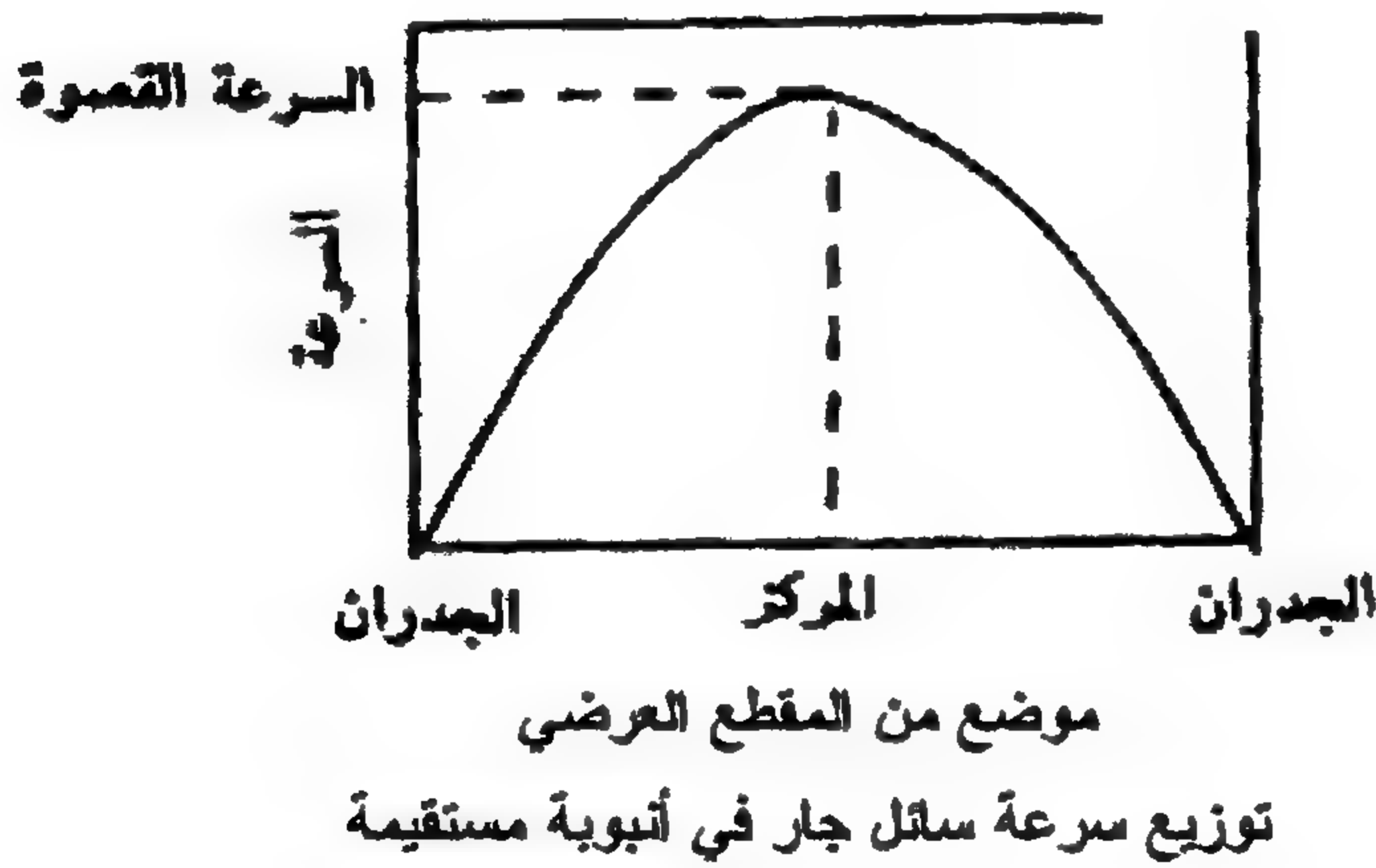
ويعتمد السريان الانسيابي أو الدوامي على القطر الداخلي للأنبوب ( D ) وسرعة سريان السائل ( V ) وكثافة السائل ( P ) ولزوجته  $\mu$  ثم يحسب عدد رينولد من العلاقة التالية :

$$\text{عدد رينولد} = \text{Re} = \frac{DVP}{\mu}$$

وإذا تجاوز العدد 2100 فيكون السريان دوامياً .

وبسبب المقاومة الناتجة عند سطح جدران الأنبوب من سريان السائل فيه يجب التأمل بأن دقائق السائل عند سطح الجدران ليست لها كامل السرعة الأمامية، ويعني ذلك بأنه ليس هناك انزلاق عند الجدران، وأن سرعة السائل عند سطح الجدران تساوي الصفر .

وتتأثر الدقائق البعيدة عن الجدران بمقدار أقل من هذه المقاومة الاحتكاكية ، وتتركز السرعة القصوى لهذه الدقائق في مركز الأنبوب، وكما هو مبين في الشكل التالي الذي يوضح صورة المقطع العرضي لتوزيع سرعة سائل يجري على طول الأنبوب حيث تظهر السرعة القصوى عند مركز الأنبوب وتقل السرعة تدريجياً حتى تصل عند الجدران إلى الصفر .



ويحسب معدل السرعة الأمامية من سريان حجم ما في وحدة الزمن مقسوماً على مساحة المقطع العرضي للأنبوب ، مثلاً في حالة جريان السائل بسرعة 6 قدم مكعب / ثانية خلال أنبوب قطره الداخلي ( 2 ) انش ، فإن معدل السرعة المستقيمة للسائل يساوي :

$$\frac{60 \times 6}{12 \times 3.14} = 4.59 \text{ قدم / ثانية}$$

وإذا كانت كثافة السائل 30 رطل / قدم مكعب ولزوجته 0.002 رطل / ثانية - قدم فيحسب عدد رينولد بالشكل التالي :

$$Re = \frac{Dvp}{\mu} = \frac{(2 \text{ in.})(1 \text{ ft} / 12 \text{ in.})(4.59 \text{ ft} / \text{s})(30 \text{ lb}(\text{s})(\text{ft})^3)}{(0.002) \text{ lb}(\text{s})(\text{ft})}$$

$$Re = 11.470$$

وتلعب اللزوجة دورًا بارزًا ومهمًا في مجال سريان السائل ، فالسائل الذي لزوجته منخفضة تسير بحرية أكثر من سائل لزوجته عالية .

ويمكن استنباط التعبير عن اللزوجة بتصوير طبقتين متوازيتين من السائل ، لكل سائل سطح ( A ) وفرق المسافة dx . وتحت هذه الظروف يجب أن تبذل قوة انزلاقية معينة فوق قمة الطبقة لتجعلها تتحرك موازية للطبقة الأخرى وعند سرعة تفاضلية نسبة من dv .

وتتناسب هذه القيمة طرديًا مع الفرق في السرعة dv والمساحة A للطبقات وعكسيًا مع المسافة بين الطبقات، كما في المعادلة التالية :

$$\frac{\text{اللزوجة} \times \text{المساحة} \times \text{فرق السرعة}}{\text{المسافة بين الطبقات}} = \text{القوة}$$

$$\frac{dV \times A \times \mu}{dx} =$$

والسوائل من هذا النوع تسمى بسوائل نيوتن ويمكن حساب اللزوجة بتغيير المعادلة السابقة فتصبح :



$$\text{اللزوجة } \mu = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة} / \text{فرق الساعة} / \text{فرق المسافة}}$$

$$\mu = \frac{\text{force}}{A / dv / dx}$$

1- قياس السريان :

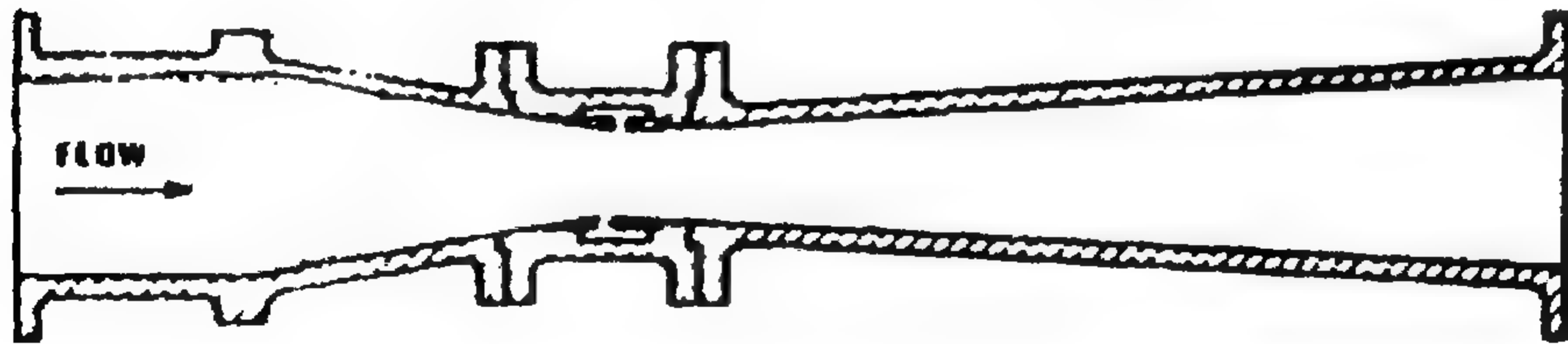
يتم قياس السريان بصورة عامة بواسطة الأجهزة التالية :

أ- أجهزة التخصر :

في هذا النوع من قياس السريان يوجد جهاز أولي يولد تغييراً في سرعة السريان التي تظهر كضغط تفاضلي . ويعتمد الضغط التفاضلي على السرعة وكثافة السائل المتدفق ، ويتألف النظام القياسي من الجزء الأول ( التخصر ) الذي ينتج التغيير في السرعة ومن الجزء الثانوي الذي يقيس مقدار الضغط التفاضلي وعلاقته بالسريان ، ومن الأجهزة الشائعة :

أنبوب فينتوري :

عبارة عن أنبوب كما يبين الشكل التالي يقل فيه قطره لمسافة قصيرة حتى تزداد سرعة السائل الذي يزداد بدوره ضغطه ، ويعتمد مقدار الاختلاف في الضغط على سرعة السريان .



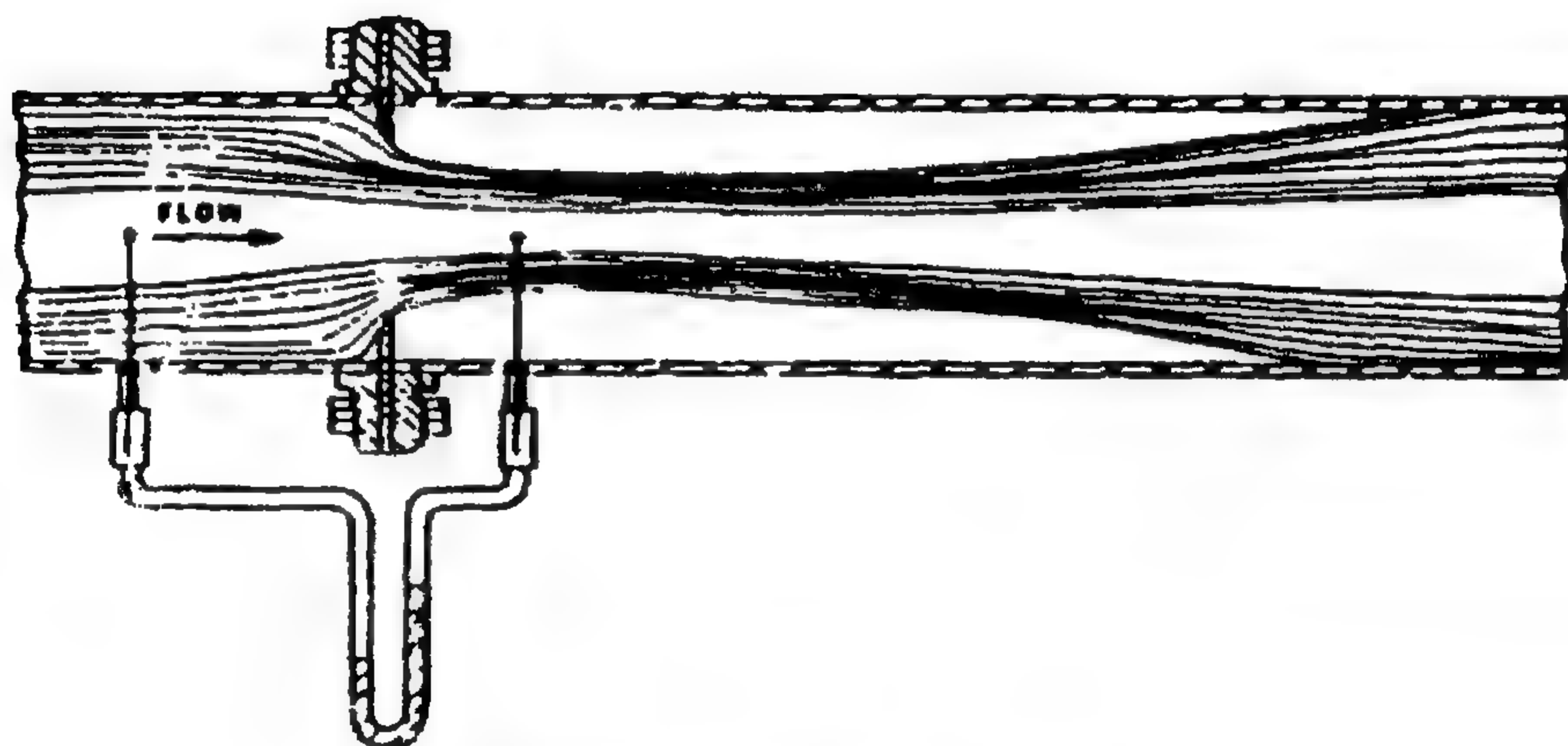
المقطع العرضي لأنبوب فينتوري

ويحدد أنبوب فينتوري للاستعمالات التي تكون فيها اللزوجة عالية، أو في حالة وجود مواد صلبة عالقة كثيرة .

### الصفحة المثقوبة :

عبارة عن صفحة مسطحة مع وجود فتحة مثقوبة فيها بدقة تامة، كما هو مبين في الشكل التالي.

وإن التقيد في السريان يسبب انخفاض الضغط الذي يرتبط بسرعة السريان في الأنبوب .



مقطع من جهاز الصفحة المثقوبة

ويمكن استعمال هذه الفتحة الصغيرة نسبياً لمدى صغير من السريان فقط . ولتثبيت الصفحة تستعمل حافات في مواقع معينة وتترك الثقوب مع اختلاف سعتها لتتدرج بسهولة .

### أنبوب بيتوت :

عبارة عن أنبوب فيه فتحة عادية لاتجاه السريان، وأنبوب آخر فيه فتحة موازية للسريان . وتحسب سرعة السريان من الفرق بين الضغط عند الفتحة الموازية للسريان - وهو الضغط المستقر المسجل - والضغط الساكن، أو

الكابس ، ويستعمل هذا الجهاز كمقياس لعدد من التيارات الغازية، أو سوائل صافية .

#### مقياس روتومتر :

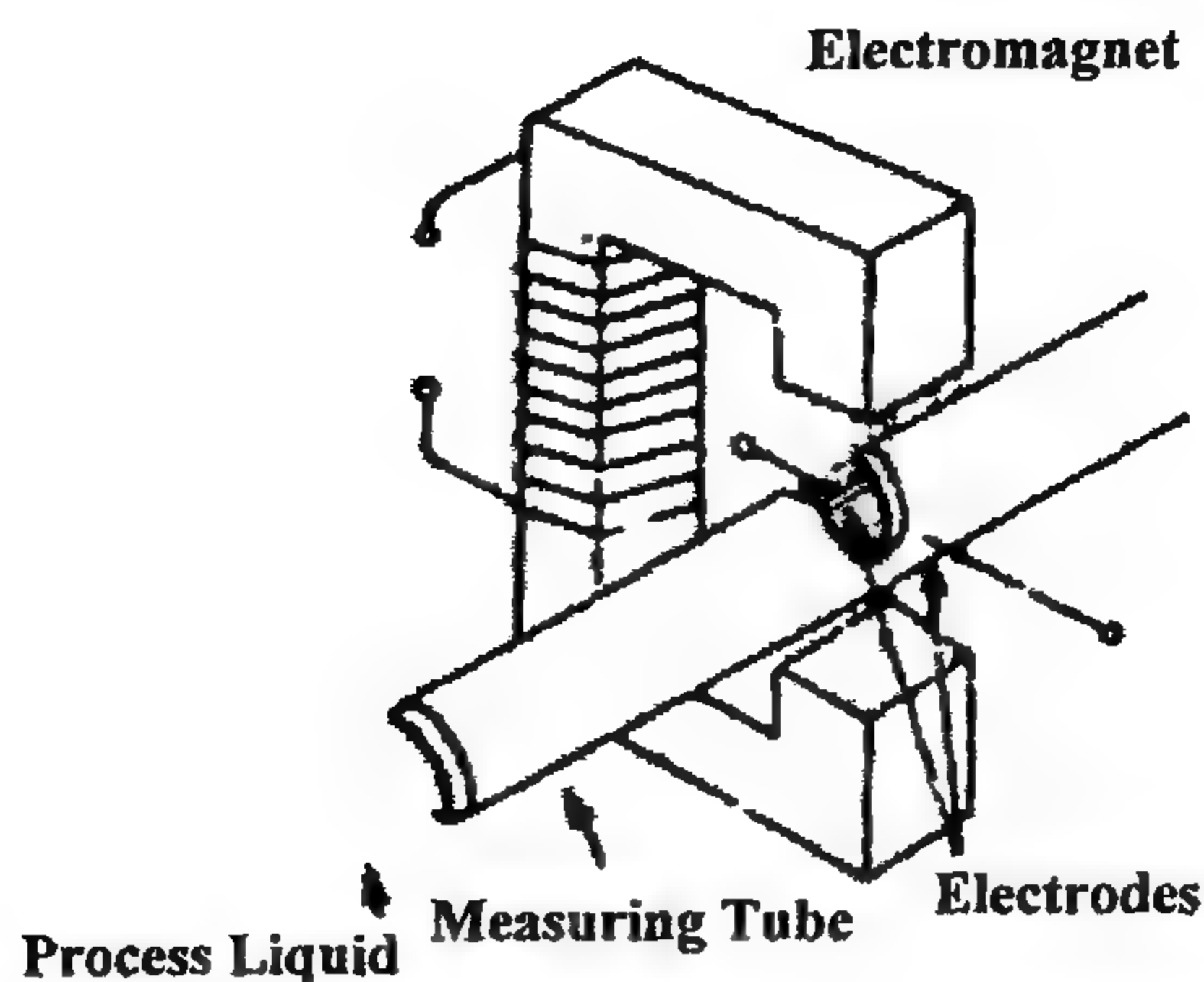
تعتبر مساحة الخصر في كل نوع من الأنواع الثلاث التي تطرقنا إليها ثابتة، ويتغير انخفاض الضغط مع سرعة السريان ، ولكن يبقى انخفاض الضغط من روتومتر تقريباً ثابتاً وتتفاوت مساحة الخصر ، وتجري المادة الغازية أو السائلة المستعملة في الروتومتر عمودياً تصاعدياً .

وتأتي عوامته إلى الاتزان عند النقطة التي تعطي فيها مساحة حلقة السريان الاختلاف في الضغط الناجم من زيادة السرعة . وإن السرعة العالية في السريان تجعل العوامة تعلق إلى نقطة تكون فيها مساحة الحلقة أكبر .

ويمكن قياس سرعة السريان في مدى 3 مل / دقيقة إلى 200 لتر / دقيقة للغازات ، وبين 0.07 مل إلى 50 لتر / دقيقة للسوائل .

#### ب- أجهزة السرعة :

يعتبر مقياس السريان المغناطيسي أكثر مقاييس السريان انتشاراً، يتكون هذا المقياس - كما يبين الشكل التالي - من أنبوب غير مغناطيسي معزول المجال المغناطيسي، مع زوج من الأقطاب في ارتباط مع السائل داخل الأنبوب.



### مقياس السريان المغناطيسي

وعندما يسير السائل خلال الأنبوب ، فإنه يؤثر كموصل متحرك وقاطع لقوة الخطوط المغناطيسية مكوناً قوة من التيار الكهربائي بين القطبين، ويرتبط مقدار هذه القوة الناتجة مباشرة بسرعة السائل .

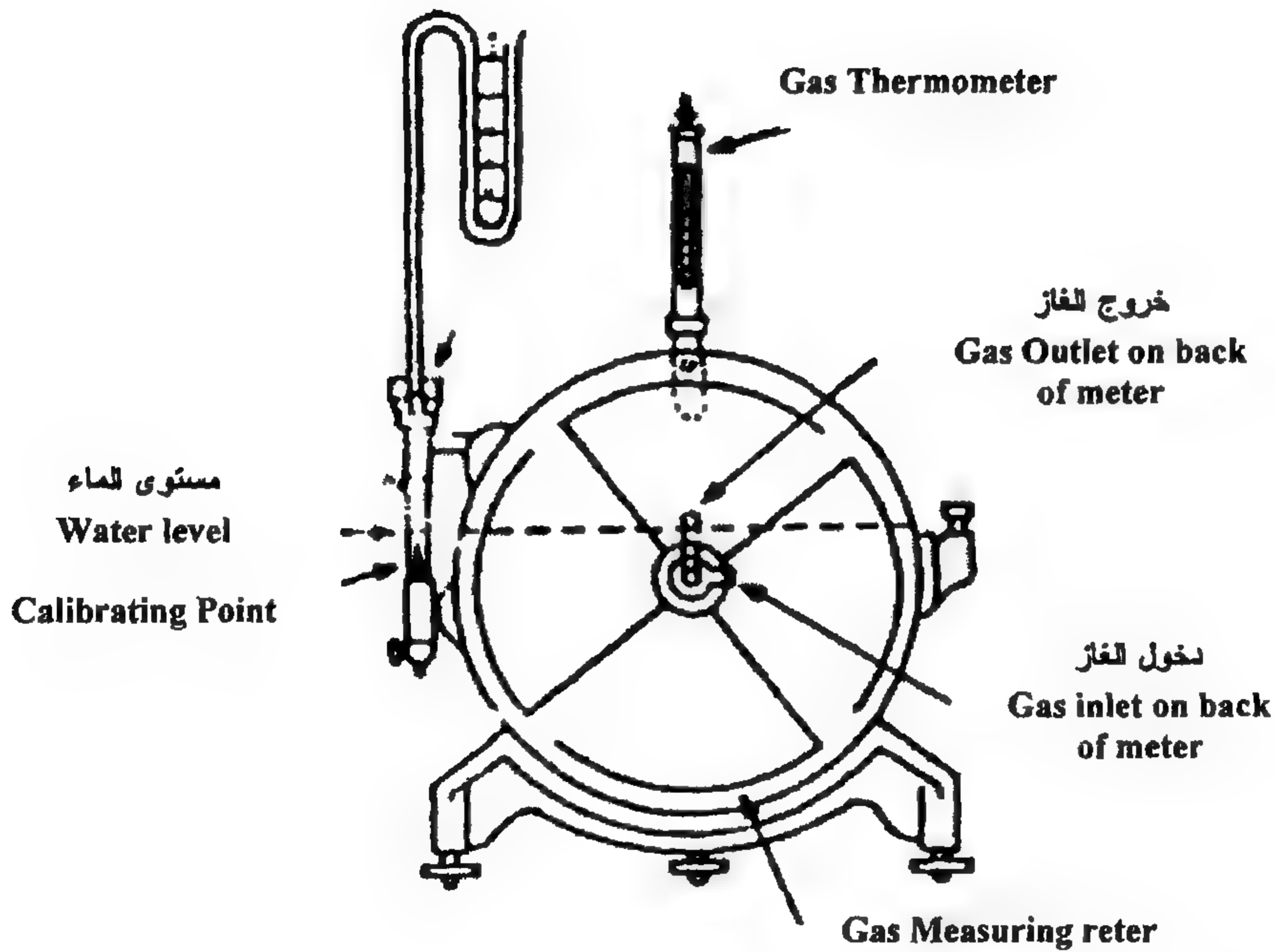
وبصورة عامة يتكون جهاز ناقل السريان المغناطيسي من أنبوب فولاذي مع طبقة عازلة بمجالين من الملفات لتوليد مجال مغناطيسي، والنتيجة المستحصلة هي علاقة خطية مستقيمة كما هي العلاقة بين قوة القطب ومعدل سرعة السريان .

ويمكن استعمال مقياس السريان المغناطيسي مع أي سائل توصيلي منخفض للكهربائية، لذلك لا يمكن استعماله من الهيدروكربونات والسوائل غير الموصلة الأخرى، أو مع الغازات حتى إذا تأينت ، ويمكن استعماله أيضاً وبسهولة مع السوائل العالقة على مواد صلبة مثل الأوساخ ، ولحساب كتلة السريان يضرب ناتج السريان المغناطيسي في الكثافة .

## ج- أجهزة الإزاحة :

تقيس أجهزة الإزاحة كميات معينة من السائل الجاري وتعينه على أساس مجموعات كاملة أو حجم السريان الكامل . ومن الأجهزة الشائعة هي : مقياس السريان الدواري، ومقياس الرطوبة .

ويملأ الغاز في جهاز مقياس الرطوبة كما يبين الشكل التالي قسمًا من القطعة الدوارة، ويخرج حجم مساو من الغاز من القسم الآخر، ثم يسجل عدد الدورات التي تسجل على عدد من الأقراص المدرجة .



## 2- المحفزات - العوامل المساعدة :

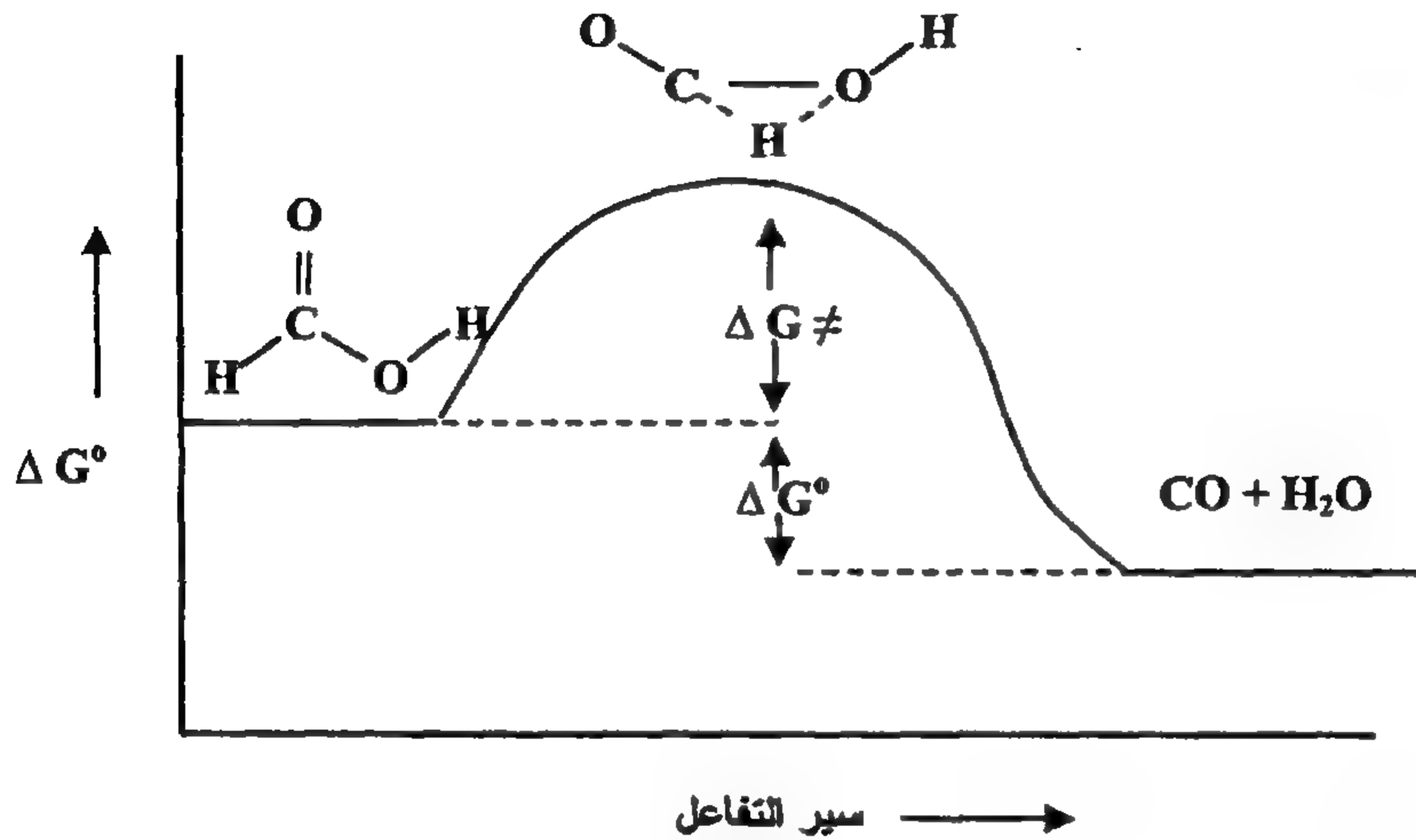
يتعذر في كثير من الحالات إنجاز التفاعلات الكيميائية بالسرعة الكافية، ويرجع ذلك إلى أن المحتوى الحراري لتنشيط المواد المتفاعلة عالٍ جدًا .

ويمكن زيادة سرعة هذه التفاعلات بإضافة مواد خاصة تدعى

المحفزات، أو العوامل المساعدة التي تسبب انخفاض المحتوى الحراري للتنشيط  
كما في العلاقة البيانية الأولى والثانية :

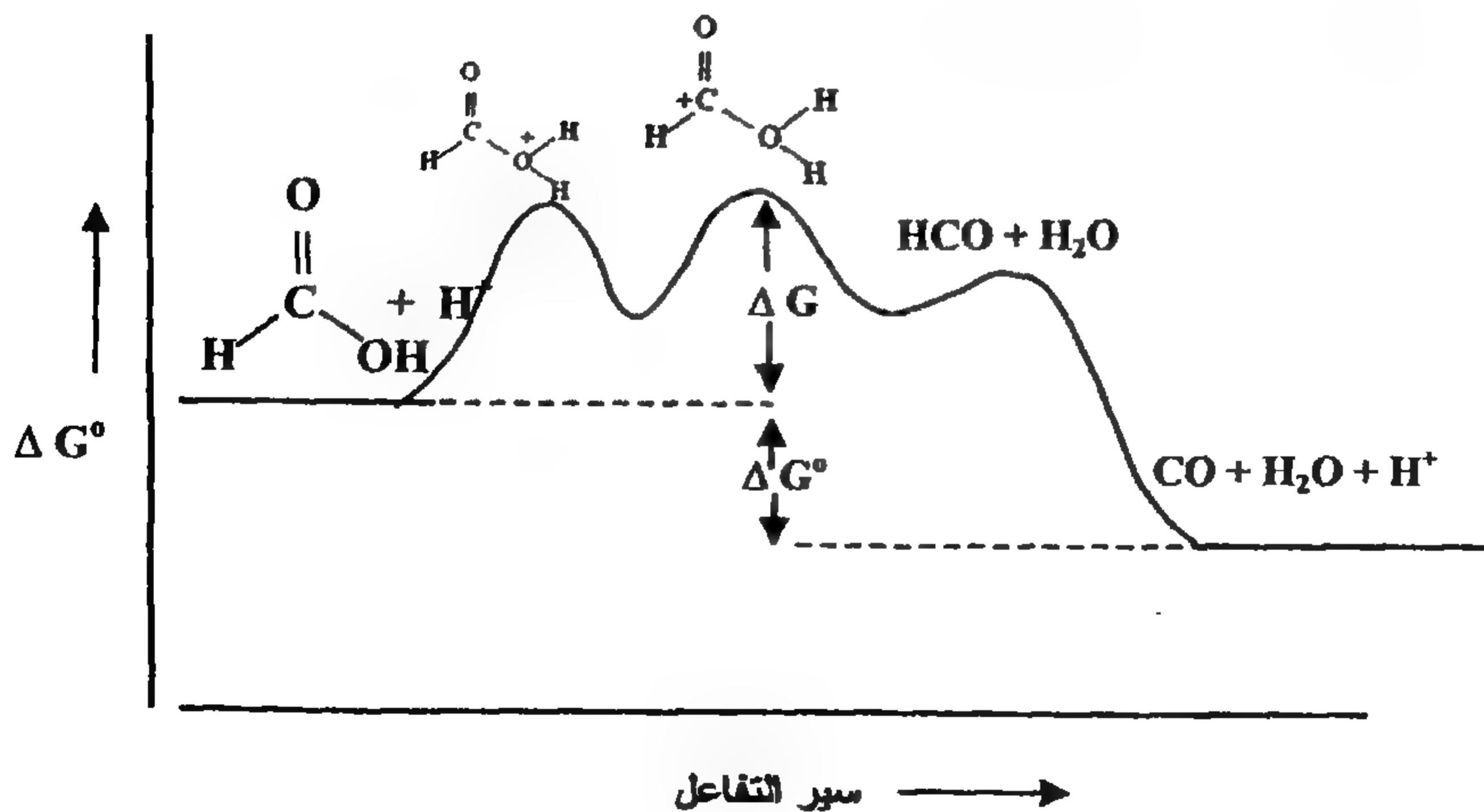
العلاقة الأولى :

العلاقة البيانية تبين الطاقة الحرة وسير التفاعل في غياب العامل  
المساعد، بحيث تؤدي الطاقة الحرة للتنشيط إلى التغير في الطاقة الحرة القياسية  
للتفاعل الكلي



العلاقة الثانية :

العلاقة البيانية تبين الطاقة الحرة وسير التفاعل في وجود  
العامل المساعد .





والمادة المحفزة هي المادة التي تشترك في التفاعلات الكيميائية لزيادة سرعتها دون أن يطرأ عليها أي تغيير كيميائي في نهاية التفاعل، حيث تكون المادة المحفزة مع إحدى مكونات التفاعل مركباً وسطيّاً فعلاً يؤدي إلى استمرار التفاعل والتعجيل به .

ومن هنا تبرز أهمية المحفزات في الصناعات الكيميائية ؛ فمثلاً عند تحلل حامض الفورميك إلى أول أكسيد الكربون والماء، يتكون مركب وسطي يحتاج لتكوينه كمية كبيرة من الطاقة التي تسمى طاقة التنشيط كما هو مبين في العلاقة الأولى، وتوضح العلاقة البيانية تأثير المحفز على تقليل طاقة التنشيط .

وتستند معظم التفاعلات المحفزة الصناعية إلى تفاعلات الطور الغازي فوق المحفزات ( العوامل المساعدة ) الصلبة ، ويمكن تصور هذه التفاعلات بخمس خطوات :

- أ- تتأفد المواد المتفاعلة خلال حجم السائل الذي يحيط السطح الصلب والتأفد خلال مسامات الجسم الصلب إلى سطح المحفز الفعال .
- ب- امتزاز المواد المتفاعلة من سطح المحفز .
- ج- تفاعل المواد المتفاعلة الممتزة لتكوين الناتج .
- د- إطلاق المواد الناتجة الممتزة .
- هـ- تتأفد النواتج إلى الخلف من خلال المسامات والغشاء السطحي إلى حجم السائل المحاط بالجسم الصلب .

وكما ذكرنا يعمل المحفز على أساس سلوك تفاعل جديد يختلف عن الطرق التي لا يستعمل فيها المحفز ، وكما أنه يهيأ لإنجاز التفاعل ميكانيكياً متعاقباً ويعتبر هذا الطريق المتعاقب أكثر الطرق الأخرى سرعة .

ويمكن التعبير عن حركية التفاعل المحفز ( غير المتجانس ) للتفاعل الكيميائي :  $A + B \rightarrow D$  بالخطوات التالية :

أ- الامتزاز :



ب- التفاعل السطحي :



ج- المـج :



حيث  $X_1$  و  $X_2$  هي المواقع الفعالة المجاورة للمحفز الصلب ، ويلاحظ بعد الخطوات الثلاث يمتز  $D$  ويترك المواقع الفعالة  $X_1$  ,  $X_2$

ويمكن مقارنة تغييرات الطاقة خلال التفاعل المحفز غير المتجانس  $A + B \rightarrow D$  مع تغييرات ميكائزم التفاعل غير المحفز . حيث يلاحظ أولاً سير التفاعل غير المحفز . ترتفع الطاقة الكامنة للمواد المتفاعلة أثناء سير التفاعل إلى أقصاها ، والفرق بين الطاقة الأولية للمعقد النشط هو طاقة التنشيط  $E_{act}$  للتفاعل غير المحفز ، والفرق في الطاقة  $\Delta H_{RX}$  في هذه الحالة سالبة ، فيكون التفاعل طارداً للحرارة .

ويتضمن سير التفاعل المحفز ثلاث خطوات تشمل الخطوة الأولى: الامتزاز ذا طاقة التنشيط  $E_{ad}$  الخاصة، وحرارة تفاعلها الخاصة  $\Delta H_{ad}$  ، وللخطوة الثانية والثالثة المتضمنة التفاعل السطحي والمج طاقات تنشيط خاصة وحرارة خاصة أيضاً .

وإذا كان التفاعل السطحي هو معدل السرعة المسيطرة ، فيكون مجمل طاقات التنشيط  $E_a$  للطريق المحفز هو الفرق بين الطاقة القصوى للمعقد المنشط وطاقة المواد المتفاعلة ، ونجد أن طاقة التنشيط للتفاعل المحفز تكون أقل من طاقة التنشيط للتفاعل غير المحفز ؛ وبما أن معدل السرعة يتغير عكسياً وأسياً مع طاقة التنشيط ؛ لذلك سيكون التفاعل المحفز عند درجة حرارة معينة أكثر سرعة .

### تحضير المحفزات ( العوامل المساعدة ) :

تعتبر المحفزات بصورة عامة مواد معقدة التركيب، ومعرفة التركيب الكيميائي غير كافٍ لتحديد طبيعة المحفز ، وهي تعيين لمدى واسع من الفعالية بواسطة الصفات الفيزيائية من حجم الدققة ومساحتها السطحية وكبر المسامات وحجمها ، وتعيين الصفات الفيزيائية بطرق مختبرية عديدة .

ويمكن تصنيف المحفز من هذه الناحية إلى صنفين رئيسيين :

**الصنف الأول :** يتكون المحفز بكامله من مكون فعال واحد أو أكثر .

**والصنف الثاني :** ينشر المكون الفعال على مسند أو حامل وتكون مساحته السطحية كبيرة ولهذا النوع تطبيقات صناعية واسعة .

وعندما يشكل المكون الفعال جميع المحفز ، فإنه يصنع بواسطة مكونين فعالين أو أكثر ثم تتبدل المساحة السطحية الداخلية العالية بواسطة التحلل الحراري للمكون المترسب . والمواد المترسبة في الغالب عبارة عن هيدروكسيدات المعادن أو كربوناتها أو نتراتهما أو خلاتها .

وتحدث خلال المعالجة الحرارية طبقة ناعمة جداً من المسامات المترابطة داخل كتلة المحفز ، وتشكل جدران هذه المسامات جزءاً كبيراً من

مجمل المساحة السطحية للمحفز، ويتأثر تركيب المسامات بمتغيرات، مثل: تراكيز المحاليل المترسبة، ودرجة الحرارة للمعالجة الحرارية .

وتحضر المحفزات المسندة بتقنية التتقيع Impregnation ، أو التبادل الأيوني، وتشمل الخطوات الآتية :

- أ- تلامس المادة المسندة مع محلول ملح المعدن المناسب .
  - ب- إزالة المحلول الزائد .
  - ج- التجفيف .
  - د- حرق النفاية في الهواء الطلق إلى حد تكوين الأكسيد، ثم اختزال الأكسيد في جو من الهيدروجين إلى الحالة المعدنية .
- مثلاً يحضر المحفز المهدرج من الروبينيوم على الألومينا بواسطة تشرب دقائق صغيرة من الألومينا في ثالث كلوريد الروثينيوم ، وبعد ذلك يتم تجفيف الناتج للتخلص من المحلول الزائد، وأخيراً تجفيف حبيبات الألومينا الرطبة في فرن عند 110°م .

وتتضمن الخطوة النهائية اختزال ملح الروثينيوم إلى معدنه وتتجز العملية بصورة جيدة عند وضع المحفز المتشرب في فرن أنبوبي حيث يمر خلاله الهيدروجين، ويتم الاختزال عند حرارة تتراوح بين 375 - 400°م لأربع ساعات .

وفي تحضير المحفز بتقنية التبادل الأيوني يجب أن يكون المعدن على هيئة الأيون الموجب وأن تكون الدالة الهيدروجينية لمحلول التبادل الأيوني أكبر من (7) . يجلب محلول التبادل الأيوني إلى التلامس مع المعدن المسند ويحدث تبادل أيونات المعدن مع تلك الموجودة على المسند ، ثم يفصل محلول التبادل الأيوني من مكون المسند وتتجز خطوات التجفيف والاختزال الموجودة لتتقنية التتقيع .

وفي كلتا طريقتي التنقيع والتبادل الأيوني يمكن حساب مقدار المعدن الموجود على المسند إذا كانت تراكيب المحاليل معروفة ، ويستعمل مطياف امتصاص الذرة غالبًا لتعين المعدن الموجود في المحلول بعد خطوة التنقيع أو التبادل الأيوني .

ويمكن تعيين تآثر المعدن كنسبة عدد ذرات المعدن السطحي إلى العدد الإجمالي لذرات المعدن، وفي مبادئ تآثر المعدن المسند يمكن أن يملك أية قيمة بين الصفر والواحد .

وتبين قيم التآثر المنخفضة ( أقل من حوالي 0.3 ) أن المعدن على المسند يتكون من بلورات كبيرة نسبيًا في معظم المواقع المنشغلة بذرات المعدن داخل البلورات . وأن قيم التآثر في حدود 0.4 – 0.7 تقابل بلورات صغيرة جدًا تتراوح أقطارها بين 20 – 50 أنجستروم ، وتعني قيم التآثر المقربة من واحد أن جميع ذرات المعدن تكون على السطح .

ويحتاج تعيين درجة تآثر المحفز معلومات حول مساحة سطح المعدن، ويجب الملاحظة أيضًا أن طبيعة المسند يمكن أن تؤثر على فعالية وانتقالية المحفز، ويزداد التأثير لأن المسند يؤثر على طبيعة سطح ذرات العامل المحفز ولا تعتبر المواد المسندة خاملة .

ويوجد في الصناعة الكيميائية مجال واسع من الظروف والمجالات التي بموجبها تستعمل المحفزات المعدنية المسندة ، ويكون معظمها على شكل دقائق أو حبيبات أو ليفية الشكل ، ويمكن أن تتفاوت أنواع المسند في المساحة السطحية لوحدة الكتلة وتركيب المسام .

### مميزات المحفز : Catalyst Characterization :

تؤدي الاختلافات الصغيرة في المواد وطرق تحضير المحفزات إلى إنتاج فعاليات متباينة تمامًا ، وترجع الاختلافات في الفعالية المحفزة في الغالب إلى الاختلاف في المساحة السطحية للمعدن الفعال أو المعدن المسند .



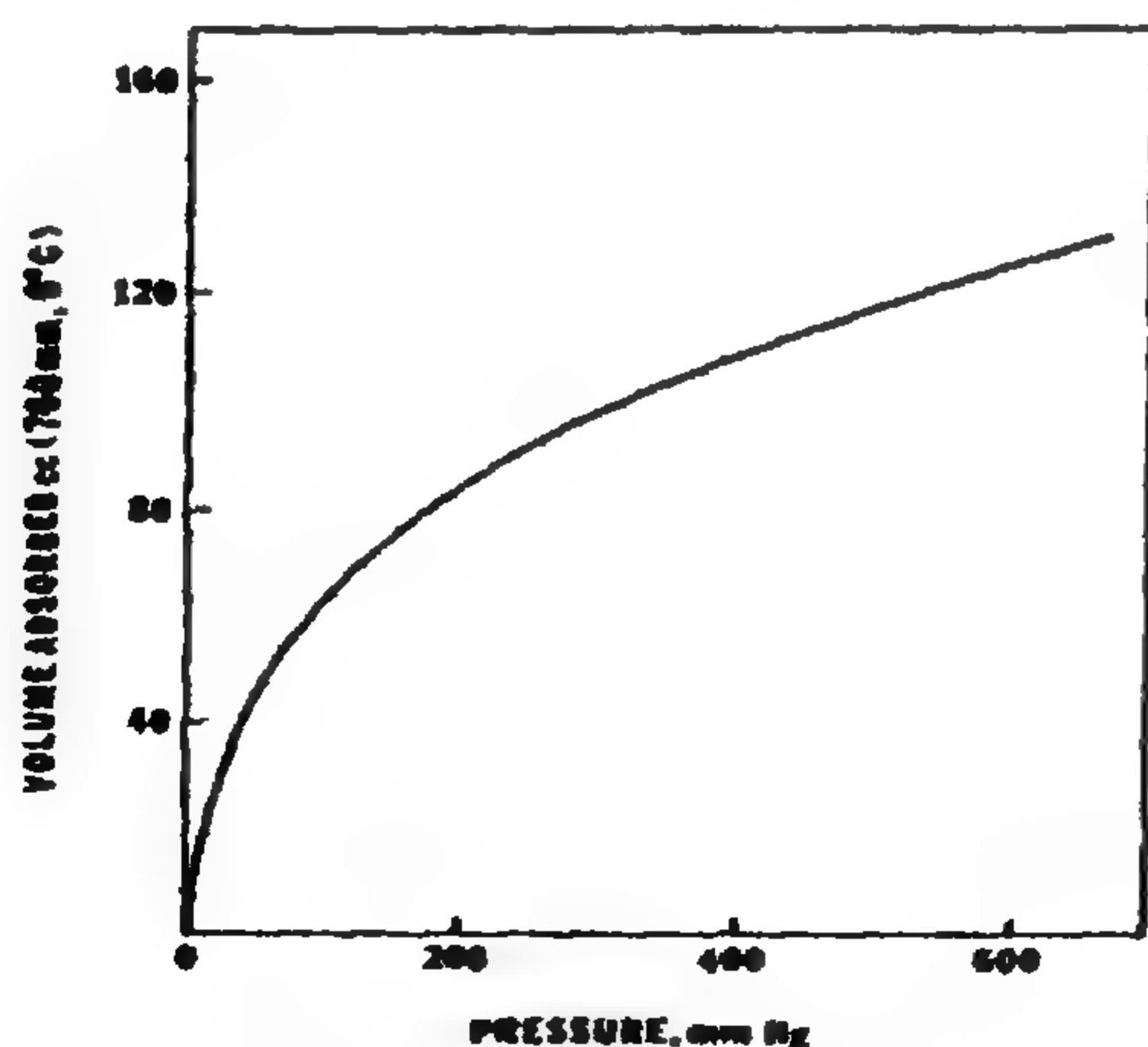
لذلك عند مقارنة فعاليات المحفزات فمن الضروري معرفة المساحات السطحية للمكون الفعال إلى حد يمكن إجراء مقارنات على قاعدة أساسية . ويمكن تجميع الطرق الملائمة لقياسات المساحة السطحية إلى صنفين :

1- طرق الامتزاز: وهي بصورة عامة على نوعين :

أ- الامتزاز الفيزيائي :

يعين مجمل المساحة السطحية للنموذج بواسطة قياس مقدار الغاز اللازم لتكوين طبقة أحادية من الغاز الممتز إلى حد ما ، ويضرب عدد الجزيئات المتميزة عند هذه النقطة في المساحة الفعالة لكل جزيئة وبذلك تُتَّج المساحة السطحية الإجمالية .

ولقياس المساحة السطحية الإجمالية تستعمل جزيئات غير قطبية بسيطة مثل: الغازات النادرة أو النتروجين ، ويوضع في جهاز الامتزاز الفيزيائي الاعتيادي وزن معين من عينة المحفز في أنبوب زجاجي مفرغ . وتربط عينة الزجاج الأنبوبي مع جهاز يكون قادرًا على إضافة وقياس حجم الغاز والضغط، وترسم العلاقة بينهما التي تبين الامتزاز النموذجي ذو الثبوت الحراري المبين في الشكل التالي :



شكل الامتزاز الفيزيائي النموذجي ذي الثبوت الحراري



وقد درس كل من برونأور، وآميت، وتيلر هذه العلاقة واستنتجوا

القاعدة التالية :

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m \cdot C} + \frac{(C - 1)P}{C \cdot V_m \cdot P_0}$$

حيث  $V_m$  هو حجم طبقة واحدة أحادي الجزئ من الغاز، و  $P$  الضغط داخل جهاز الامتزاز عند إضافة مقدار  $(V)$  من الغاز، و  $(P_0)$  يمثل الضغط البخاري للغاز عند درجة حرارة العملية، و  $(C)$  هو ثابت لنظام دقيقة الغاز - الصلب .

وبموجب المعادلة السابقة يجب أن يعطي الرسم البياني  $[P / V \cdot (P_0 - P)]$  مقابل  $(P_0 / P)$  خطاً مستقيماً، والذي يمكن أن تقدر استقرائياً مقابل المعادلة  $(P_0 / P = 0)$  . وإن الجزء المستقيم الحاصل من هذا التقرير الاستقرائي على طول انحدار الخط المستقيم يعطي المعادلتين ومنهما يمكن حساب  $(V_m)$  ، وبما أن  $V_m$  مقياس عند درجة الحرارة والضغط القياسيين ، لذلك يمكن تحويله إلى عدد الجزيئات الممتزة .

ولتقدير المساحة السطحية المطلقة فمن الضروري معرفة المساحة المغطاة من قبل جزيئة ممتزة واحدة . وعندما يكون ذلك  $(a_m)$  إذن تحسب المساحة السطحية الإجمالية لكل جرام من نموذج المحفز  $(S_p)$  بواسطة العلاقة التالية :

$$S_p = \left[ \frac{V_m N}{\psi} \right] \cdot a_m$$

حيث  $(N)$  هو عدد أفوجادور، و  $(\psi)$  هو الحجم لكل مول من الغاز عند ظروف من  $V_m$  ، وإن  $V_m$  هو حجم الجزيئة الأحادية على أساس جرام

واحد من النموذج، ويمكن حساب ( $a_m$ ) من العلاقة التالية : ( بموجب اقتراح من قبل أميت وبروناور )

$$a_m = 1.09 \left[ \frac{M}{N \cdot P} \right]^{2/3}$$

حيث  $M$  هو الوزن الجزيئي و  $P$  هو كثافة الجزيئات الممتزة و  $N$  هو عدد أفوكادور

## ب- الامتزاز الكيميائي:

يجري الامتصاص الكيميائي بنفس الصورة التي يجري فيها الامتصاص الفيزيائي ، عدا أن الغاز المستعمل يمتص كيميائياً على سطح المعدن وليس على المعدن المسند ، ويتطلب الامتزاز الكيميائي تعيين حجم الغاز اللازم لتكوين طبقة واحدة ومعرفة عدد ذرات المعدن السطحية  $X_m$  المرتبطة مع امتزاز كل جزيئة الغاز .

وكذلك تتطلب العملية معرفة عدد ذرات المعدن لوحدة مساحة المعدن السطحية  $n_s$  ، ويمكن حساب مساحة المعدن السطحية ( $S_C$ ) لكل جرام من المحفز من العلاقة التالية :

$$S_C = \frac{[V_m N / \psi] X_m}{n_s}$$

حيث  $N$  و  $\psi$  لهما نفس القيم في معادلة إيجاد  $S_p$  ، و  $V_m$  يساوي الحجم الإجمالي الممتز لكل جرام من عينة العامل المساعد .

## 2- الطريقة الفيزيائية :

يستخدم في هذا المجال تقنيات الأشعة السينية ( X- Rray ) والمجهر الإلكتروني، تستند تقنية الأشعة السينية على الحقيقة أن الأشعة السينية توسع خط الحيود عندما يقع حجم البلورة تحت حوالي 1000 أنجستروم .

وتكون خطوط الحيود تحت 30 أنجستروم واسعة جدًا ، ويحدث التنافذ لأي استعمال ، بينما يكون التغيير فوق 500 أنجستروم صغيرًا، وقد تم بواسطة المقاييس والمعايير المناسبة ، حساب متوسط حجم البلورة من إحصائيات سعة الخط ، ويمكن أيضًا حساب المساحة السطحية للمحفز من متوسط حجم البلورة .

### أنواع المحفزات :

تنقسم المحفزات بصورة عامة إلى قسمين أساسيين :

#### 1- المحفزات المتجانسة :

وهي تصنف بصورة عامة إلى :

##### أ- المحفزات الحامضية :

مثل حوامض برونستيد أو ما تسمى أيضًا بالأحماض البروتينية وهي تشمل الأحماض التي لها المقدرة على هيئة بروتون إلى وسط قاعدي كحامض الهيدروكلوريك والكبريتيك والنتريك .

تستعمل هذه الأحماض في مجال عملية الأسترة والتصبين وإضافة الماء إلى الأوليفينات وتحضير مشتقات ألكيلية للمركبات الأروماتية ( العطرية ) .

##### ب- أحماض لويس :

وهي عبارة عن المركبات التي لا تحتوي الذرة المركزية فيها على مدار مكتمل من إلكترونات التكافؤ مما يجعلها قادرة على استيعاب الإلكترونات، مثل: كلوريد الألمنيوم  $AlCl_3$ ، وكلوريد الزنك  $ZnCl_2$  .

تستعمل أحماض لويس في عمليات إدخال الألكيل، ومجموعات الأسيل إلى مركبات عضوية معينة بطريقة فريدل - جرافتس ، مثل إدخال مجموعة الألكيل .

### ج- المحفزات القاعدية:

مثل هيدروكسيد الصوديوم والكالسيوم وغيرها، وتستهمل هذه المركبات في التفاعلات التكتيفية للمركبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل كالألديهيدات والكيتونات .

كذلك فهي تخضع لتفاعلات التكتيف أيضاً في وجود قاعدة أو حامض كعوامل مساعدة . مثلاً تتحد جزيئتان من الأسيتالدهيد وتكونان مركب الأول في وجود هيدروكسيد الصوديوم كعامل مساعد ( كمحفز ) .

### د- المحفزات العضوية - الفلزية:

تستهمل هذه المحفزات بصورة عامة في تفاعلات البلمرة المختلفة . وتعتبر مجموعة زيغلر - ناتا من المحفزات الشائعة في مجال بلمرة الأوليفينات الأحادية والثنائية، مثل: ثالث أثيل الألمنيوم  $(C_2H_5)_3Al$  ، أو ثالث كلوريد - ثالث أثيل الألمنيوم  $(C_2H_5)_3Al$   $AlCl_3$  ، أو مزيج من عاملين مساعدين، مثل: رابع كلوريد التيتانيوم، وثالث أثيل الألمنيوم  $TiCl_4 + (C_2H_5)_3Al$  الذي يستعمل في بلمرة الأثيلين .

مثلاً يمكن بلمرة الأثيلين من محلول هيدروكربوني لرابع كلوريد التيتانيوم في وجود ثالث أثيل الألمنيوم وتحت ضغط جو واحد ( البلمرة بطريقة زيغلر - ناتا، والمعدن الفعال هو التيتانيوم المتواجد في كلوريد التيتانيوم  $TiCl_3$  الليفي، والمتكون أنياً من رابع كلوريد التيتانيوم، وثالث أثيل الألمنيوم، أو يمكن تحضيره مسبقاً .

إن الوظيفة الثانية لألكيل الألمنيوم هي إحلال مجموعة الألكيل محل أيون الكلور على سطح ثالث كلوريد التيتانيوم ، بحيث تبقى إحدى المحاور

الستة لذرة التيتانيوم الموجودة على السطح فارغة وترتبط جزيئة الأثيلين عند هذا المحور الفارغ .

ومن ثم تنتقل مجموعة الأكيل وترتبط بالأثيلين المرتبط بذرة التيتانيوم تاركة محورا فارغا على ذرة التيتانيوم ، ويكون هذا المحور الأخير قابل للارتباط مع جزيئة جديدة من الأثيلين وتكرر العملية .

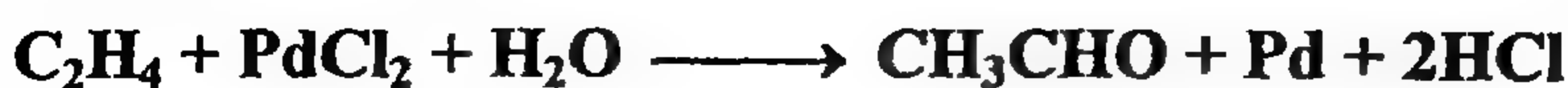
ويستعمل هذا العامل المساعد أيضا في عمليات البلمرة المشتركة لستيرين وبيوتادايين ومركب ثالث مثيل ثنائي بنتالين الحلقي أو 1 ، 4 هيكسا داين ( 1,4 ) لتحضير المطاط الصناعي، ويمكن استخدام الفاناديل بدلا من هاليدات التيتانيوم في هذا المجال .

#### هـ- المحفزات المعقدة الأخرى :

ظهرت في الفترة الأخيرة مجموعة من العوامل المساعدة ( المحفزات ) معقدة التركيب، والتي تحتوي على بعض الفلزات الثقيلة من: الموليبيد يوم ( Mo )، والتنجستن ( W )، والفاناديوم ( V )، والكوبالت ( Co )، والبلاديوم Pd وغيرها ، وتستعمل هذه المحفزات في الغالب في عمليات الأكسدة الأبيوكسيدية للأوليفينات أو أكسدة البروبيلين والتولوين أو بارازايلين P-Xylene .

ونجد مثالا لأكسدة الأثيلين بطريقة واكر حيث يمكن أكسدة الأثيلين إلى الألدهيد بوجود محلول كلوريدي البلاديوم والنحاس - كمحفز . والمعروف أن مركبات الأثيلين للبلاديوم مثل كلوريد البلاديوم الأثيلين  $(C_2H_4PdCl_2)_2$  تتحلل بسرعة إلى الأسيدهيد ومعدن البلاديوم .

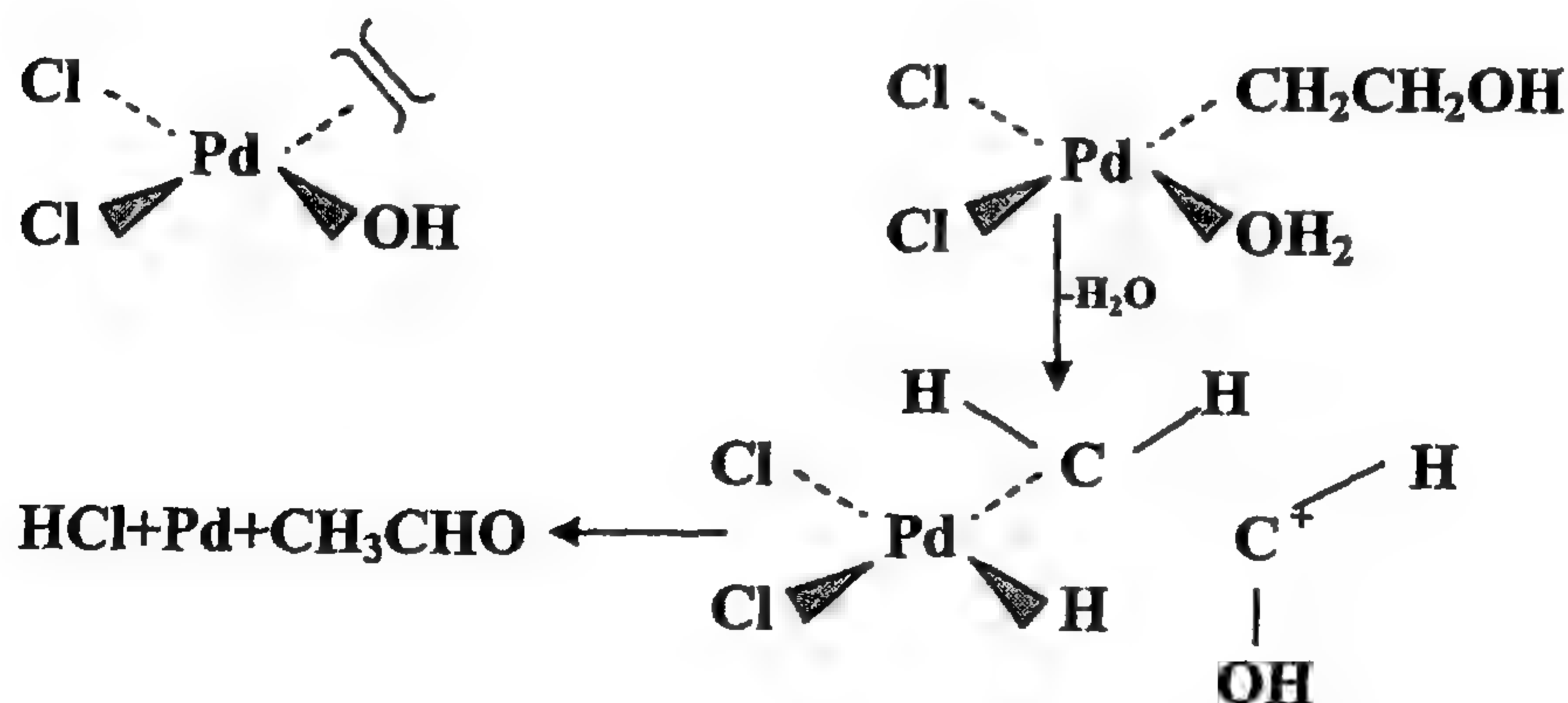




ويعتقد أن البلاديوم يتواجد على شكل  $\text{PdCl}_4$  ، وتحدث التفاسلات التالية لتكوين المركب الوسيط الذي يتحلل بدوره إلى الألهيد ومعدن البلاديوم :



ويتحلل المركب الوسيط إلى الأسيتالدهيد والمعدن كما مبين أدناه :



ويتأكسد معدن البلاديوم بتأثير كلوريد النحاسيك إلى كلوريد البلاديوم ( $\text{PdCl}_2$ ) . ويمكن أكسدة بارازايلين بواسطة برمنجنات البوتاسيوم أو بروميد المنغنيز أو الكوبالت إلى حامض الفثاليك .



## 2- المحفزات غير المتجانسة :

يمكن تصنيف هذه المحفزات بصورة عامة إلى :

### أ- المحفزات ذات الصفة الحامضية :

مثل سليكات الألمنيوم، أو أنواع الزيولايت التي تستعمل في عمليات الحل الحراري لمكونات البترول ، ويستعمل مزيج حامض الفوسفوريك والفحم النشط ( الفعال ) في بلمرة البروبيلين .

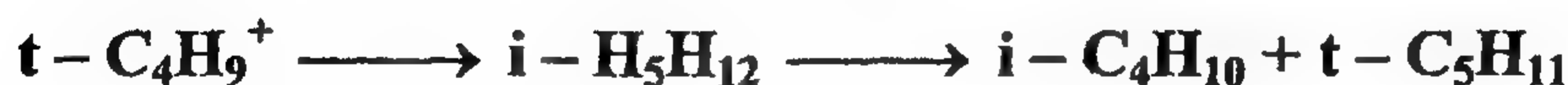
ويوجد في عملية الحل الحراري اتفاق بين آراء العلماء بأن التفاعل يتم من خلال ما يسمى بأيون الكربونيوم ، ويتكون هذا الأيون بموجب الخطوات التالية :

أ- يتحلل البارافين بتأثير الحرارة إلى الأوليفين ( بميكانيزم الجذر الحر )



ب- يتقبل الأوليفين بروتوناً من سطح المحفز الحامضي ( حامض برونستد ) مكوناً أيون الكربونيوم .

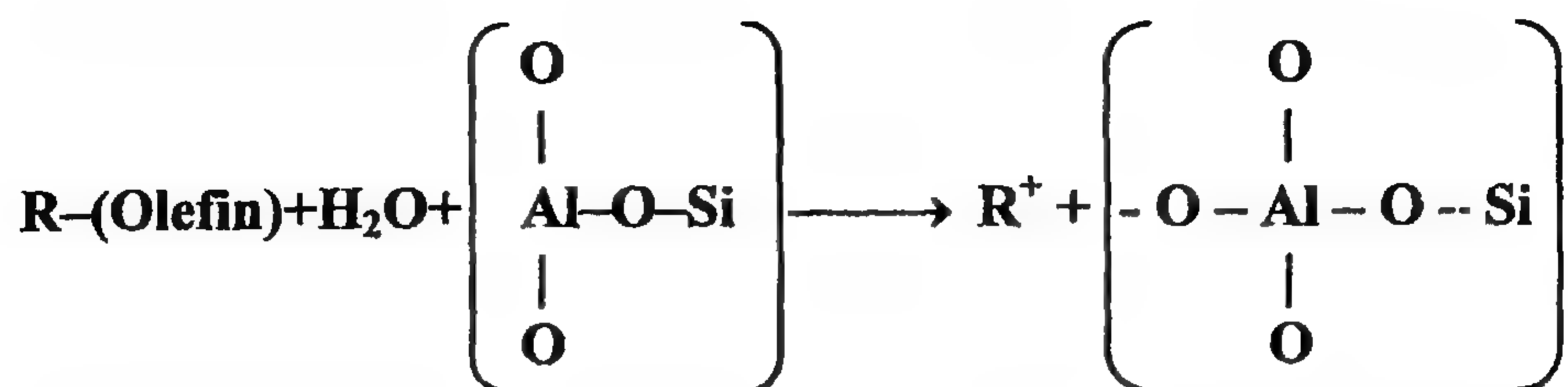
ج- يتفاعل أيون الكربونيوم مع جزيئة من البارافين مكوناً بارافيناً جديداً وأيون الكربونيوم للبارافين وذلك بانتقال أيون الهيدريد  $[H^-]$  من البارافين إلى أيون الكربونيوم :



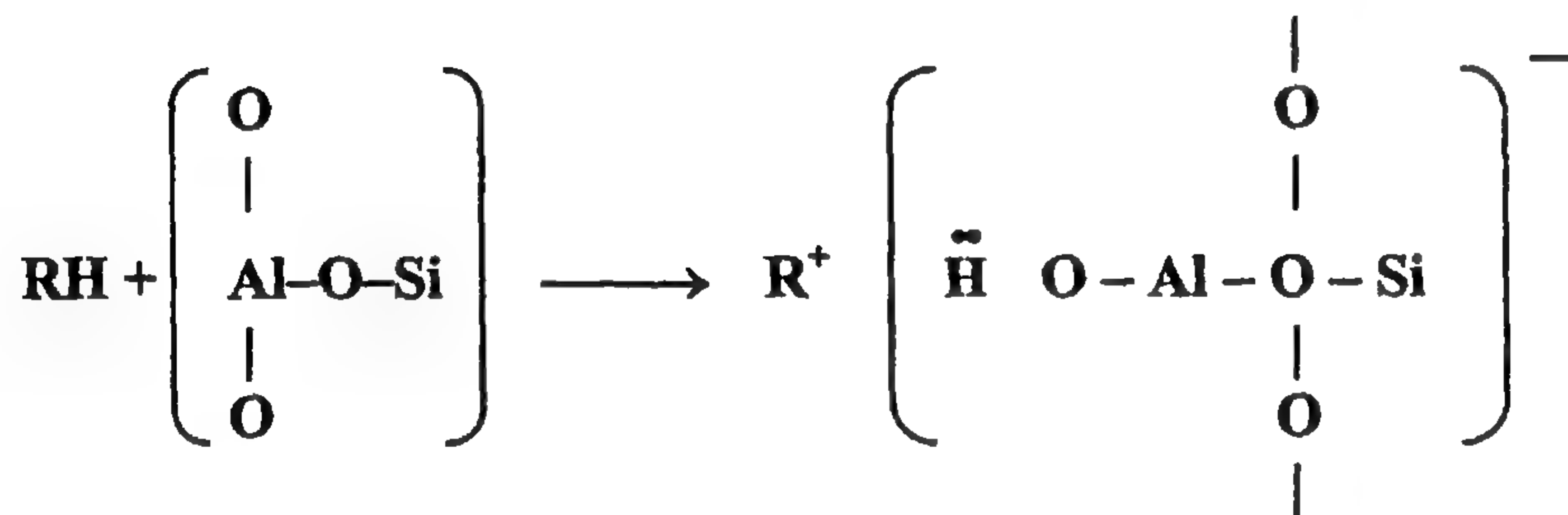
ويفسر دور المحفز بالفرضية القائلة بأن ذرة السليكون في المحفز تؤثر على التركيب التناسقي لذرة الألمنيوم وتغيره من ثلاثة إلى أربعة فتصبح ذرة الألمنيوم أكثر ميلاً لتقبل الإلكترونات .

ويمكن توضيح طريقة تكوين أيون الكاربونيوم المستقر على الوجه التالي :

( أ ) انتقال البروتون



( ب ) انتقال أيون الهيدريد  $H^-$



ب- المحفزات المؤكسدة :

وهي تشمل مجموعة من أكاسيد الفلزات، مثل: خامس أكسيد الفاناديوم  $V_2O_5$  الذي يستعمل في أكسدة ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت في تحضير حامض الكبريتيك، أو المجالات الأخرى كما يلي :



ويستعمل هذا المحفز في أكسدة الألكيلات الأروماتية مع عدم وجود الأمونيا أو مع وجودها .



ويستعمل أكسيد الموليبيديوم  $\text{MoO}_3$  ، أو أكسيد البزموت  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  في تحضير سيانيد الأكريل من البروبيلين



ويستعمل هذا المركب في مجال صناعة البوليمر خاصة في تحضير الألياف الأكريلية والمطاط النتريلي .

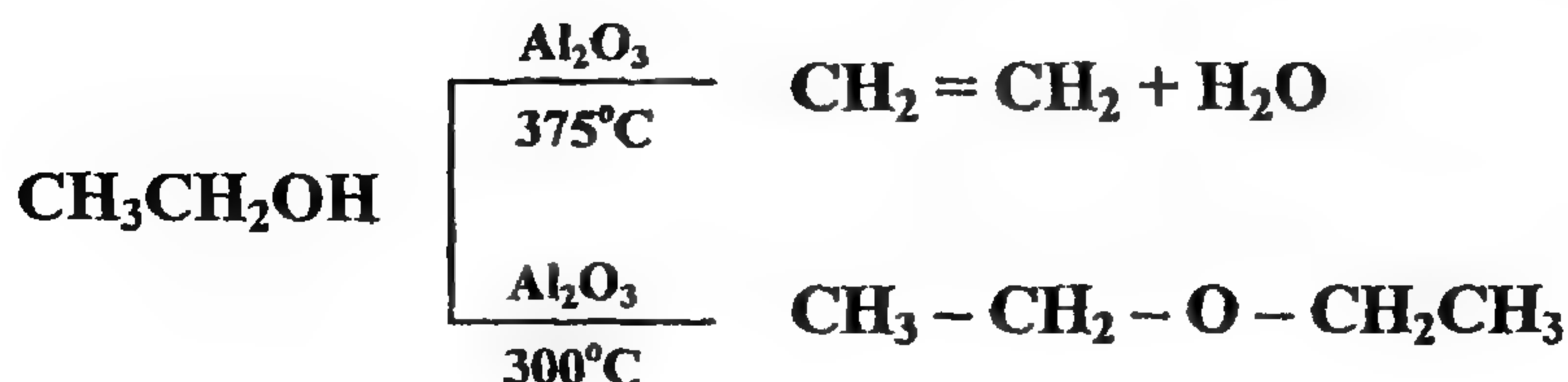
### ج- المحفزات المختزلة :

وهي تشمل مجموعة من الفلزات، أو بعض مركباتها: مثل الكوبالت، أو النيكل، أو البلاتين، والنحاس، والفضة، والحديد، والزنك، أو أكاسيد وكبريتيدات بعض هذه العناصر ، وتستخدم هذه المجموعة من المحفزات بوجه عام في عملية إضافة الماء، أو إزالة الماء من المركبات الكيميائية كما يلي :

( أ ) الأمثلة على إضافة الماء :



(ب) الأمثلة على إزالة الماء من المركب الكيميائي:



وتستعمل الفلزات الفعالة، مثل: النيكل والبلاديوم في عمليات الهدرجة التي تتجز عند درجات الحرارة المنخفضة نسبياً ( 200°م )، وتستعمل الفلزات الأقل فعالية مثل: الفضة، والزنك، وأكاسيد الكروم في عمليات الهدرجة التي تحتاج إلى درجات حرارية عالية ، ولهذه العوامل المختزلة أهمية خاصة في عمليات تكرير النفط والغاز الطبيعي .

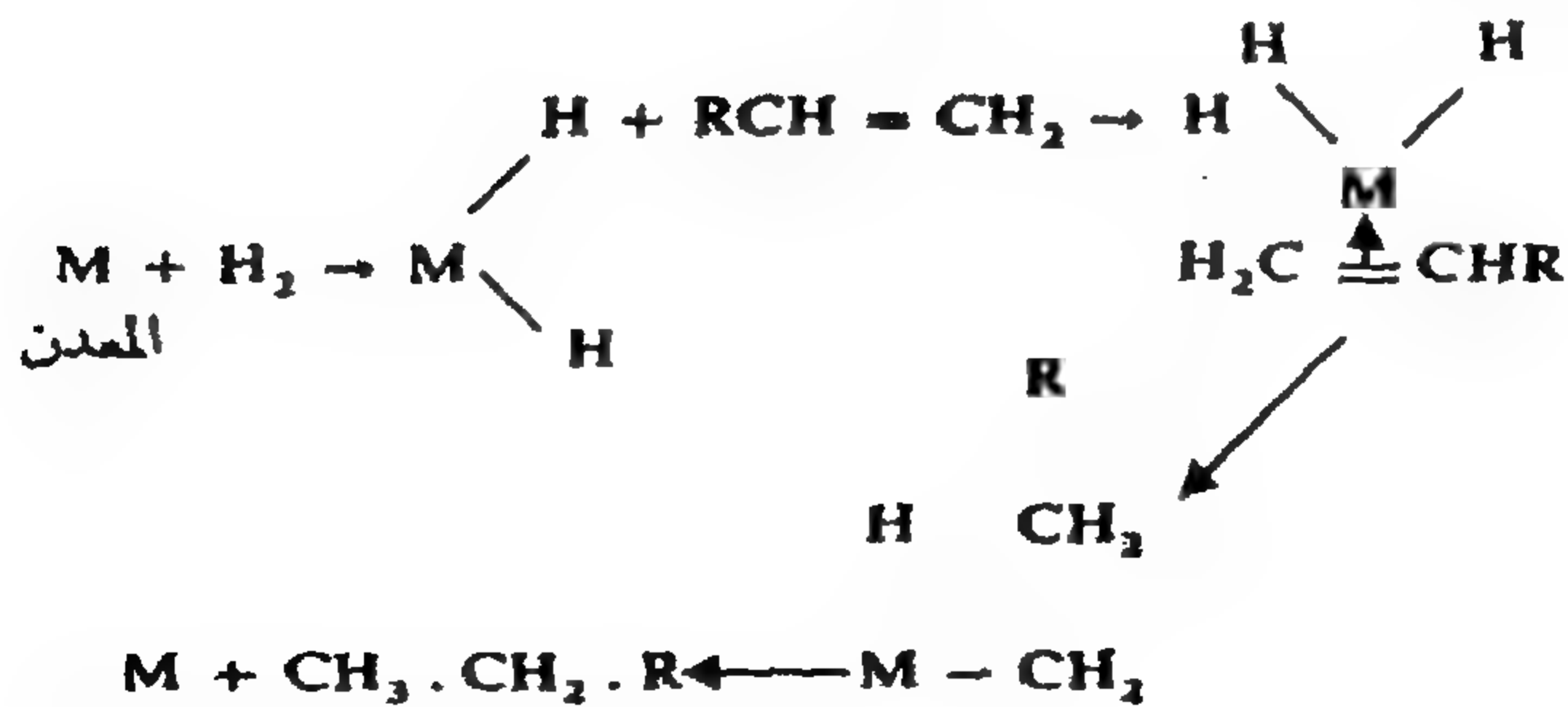
ويمكن مثلاً هدرجة الأوليفينات بدون عامل مساعد ، لكن تتطلب العملية درجات حرارة عالية ولكنها تسبب بعض المشكلات منها : كلفة وصعوبة الحصول على هذه الكمية الكبيرة من الحرارة من جانب ، وحدوث تفاعلات كيميائية غير مرغوب بها من جانب آخر .

لكن استعمال العامل المساعد في هذا المجال يقلل إلى درجة ملحوظة هذه المشكلات، فمثلاً يمكن استعمال الفلزات النبيلة كالبلاتين أو النيكل في هدرجة الأليفين .



ويحدث التفاعل على سطح البلاتين، ويعتقد بأن كلا المكونين: الأوليفين، والهيدروجين، ويمتصان على سطح المعدن حيث تتفكك الرابطة المزدوجة من الأوليفين والرابطة الموجودة في جزيئة الهيدروجين .

ويكون سير التفاعل بالشكل التالي :



ويمكن توضيح هدرجة الأثيلين باستعمال النيكل كعامل مساعد ، حيث تتجذب مكونات التفاعل ( الهيدروجين والأثيلين ) انجذاباً ضعيفاً بواسطة قوى ( فاندرفالز )، أو انجذاباً قوياً بواسطة روابط كيميائية؛ فالكترونات الروابط الزوجية أو الثلاثية الضعيفة تشترك في تكوين روابط بين الكربون والمعدن .

ويتحد الهيدروجين بسطح المعدن مكوناً روابط بين الهيدروجين والمعدن. تكون هذه الروابط الجديدة أكثر فعالية من الروابط القديمة مما يسهل ارتباط الهيدروجين بالكربون في الأثيلين ( أي الأوليفينات، أو الأسيتيلينات ) وتكوين مركب مهدرج .

ونتيجة لهدرجة المركب يقل التجاذب بين هذا المركب وسطح المعدن، ويمكن إزاحته بسهولة بواسطة جزيئة غير مشبعة ( جزيئة الأثيلين ) والتي تكون قوة التجاذب بينها وبين المعدن أقوى .

\* \* \*

## - الأسئلة -

- 1- اكتب مذكرات واضحة عن كل مما يأتي :
  - أ- الطاقة الحرارية المباشرة.
  - ب- الطاقة الكهربائية .
  - ج- الطاقة الميكانيكية.
  - د- الطاقة الضوئية .
  - هـ- الطاقة الحيوية.
  - و- الطاقة الإشعاعية.
- 2- وضح بالمعادلات علاقة التفاعل الكيميائي بالحركية الحرارية تكنولوجياً .
- 3- اذكر طرق سير التفاعلات الكيميائية الصناعية .
- 4- اشرح شرحًا وافيًا طرق مزج المواد المتفاعلة في المفاعلات .
- 5- تكلم عن سريان السائل وأنواعه وطرق قياسه . مستخدمًا في إجابتك الرسم ما أمكن .
- 6- تكلم عن العلاقة بين الطاقة الحرة وسير التفاعل، سواء في غياب، أو حضور العامل المساعد ، مع الرسم .
- 7- وضح كيف يمكن تحضير المحفزات وانكر مميزات المحفز وأنواع المحضرات .
- 8- اذكر الطريقة الفيزيائية والكيميائية المستخدمة في الامتزاز .

\* \* \*





## المصطلحات العلمية

automatic control	السيطرة الذاتية
Adsorption	الامتزاز
Absorption	الامتصاص
Additives	المضافات
Anionic	أنايونية ( أيونية سالبة )
Advertisement	الدعاية والإعلان
Accommodation	الاسكان
Addition polymerisation	بلمرة الإضافة
Alginate	ألياف الألجينات
Annealing	المجنسة أو التكييف الهيكلي ( التلدين )
Anodic inhibitors	الممانعات الأنودية
Anodising coatings	تغطيات التحويل الأنودي
Asphaltic base	أسفلتي القاعدة
Aromatic base	أروماتي القاعدة
Activation energy	طاقة التنشيط
Addition reaction	تفاعل إضافة
Alklation	ألكلة
Aerobic	هوائي
Anaerobic	لا هوائي
Antioxidant	مانعات الأكسدة

<b>Acetylation</b>	أستله
<b>Acidolysis</b>	التحلل الحامضي
<b>Alcoholysis</b>	التحلل الكحولي
<b>Aldol condensation</b>	تكاثف الدول
<b>Ammonolysis</b>	التحلل الأموني
<b>Auxo chronies</b>	مجاميع مساعدة للون
<b>Azo dyes</b>	أصباغ الأزو
<b>Acidification</b>	تحميض
<b>Alkalisatation</b>	تقلية ( جعلها قلوية )
<b>Araban</b>	أريان
<b>Alpha cellulose</b>	الفاسيلوز
<b>Antifeeding</b>	مركبات مضادة للطعام
<b>Acid rain</b>	الأمطار الحامضية
<b>Algae</b>	الفطر
<b>Biomass</b>	الكتل الحيوية
<b>Bitumen</b>	قير
<b>Breaking</b>	التكسير
<b>Back biting</b>	انتقال السلسلة
<b>Batch operation</b>	طريقة الوجبة ( الأنظمة المتقطعة )
<b>Bleaching</b>	القصر ( إزالة الألوان )
<b>Builders</b>	المواد الباتية ( المنشطات )
<b>Biological oxadation</b>	أكسدة بايولوجية

Biological system	أنظمة بايولوجية
Biological oxygen demand	الاحتياج البايولوجي للأوكسجين
Biodegradable	قابلية للتحلل بايولوجيًا
Biosynthesis	التحضير الحيوي
Belt washer	غسالة البنجر
Basic azo dyes	أصباغ أزو القاعدية
Beet sugar	البنجر السكري
Brix	بريكس ( النسبة المئوية الوزنية )
Beta cellulose	بيتا سليولوز
Biological control	السيطرة الحيوية ( المكافحة )
Coated fertilizers	الأسمدة المغلفة
Chlorinated	مكلورة
Chelating agent	عوامل مخلبية
Concentration cells	خلايا التركيز
Concentration polarization	استقطاب التركيز
Crevice corrosion	تآكل الفجوة
Copolymer	بولمر مساعد
Chlorination	كلورية
Coagulator	مخثرات
Coagulants	المخثرات
Coagulation	التخثير
Cochineal	القرمز

<b>Chromophores</b>	كروموفورية
<b>Color bearing groups</b>	مجموعات حاملة للون
<b>Counter current</b>	تيار معاكس
<b>Chamber process</b>	طريقة الغرف الرصاصية
<b>Contact process</b>	طريقة التماس
<b>Clinker</b>	الكلنكر
<b>Cement rock</b>	صخور السمنت
<b>Caseins</b>	بروتينات الكازاين
<b>Chromophoric groups</b>	مجاميع كروموفورية
<b>Colloids</b>	غرويات
<b>Catalysis</b>	محفز
<b>Catalyzed process</b>	عملية محفزة
<b>Condensation reaction</b>	تفاعل تكثيف
<b>Composition</b>	مكونات
<b>Corrosive materials</b>	المواد المسببة للتآكل
<b>Coal</b>	الفحم الحجري
<b>Carbony lation</b>	إضافة أول أكسيد الكربون
<b>Cathodic inhiditors</b>	مانعات كاثودية
<b>Ceramic coatings</b>	التغطيات السيراميكية
<b>Counter ions</b>	الأيونات المقابلة
<b>Crsslinking</b>	متشابكة
<b>Cocatalyst</b>	محفز مشارك

<b>Curing</b>	التقسية
<b>Condensationpolymerizution</b>	بلمرة التكثيف
<b>Contieous operation</b>	الطريقة المستمرة
<b>Continuous automatic operation</b>	الأنظمة المستمرة الآتوماتكية
<b>Capital cost</b>	كلفة رأس المال
<b>Caustic</b>	المادة القلوية
<b>Crystallisation</b>	البلورة
<b>Conjuted system</b>	سلسلة اقترانية
<b>Coupling</b>	التزاوج
<b>Colour bases</b>	قواعد اللون
<b>Crystal violet</b>	البنفسج البلوري
<b>Cane sugar</b>	القصب السكري
<b>Cellulose</b>	السليولوز
<b>Cossetes</b>	أغصان ( كوسيت / شرائح )
<b>Caronation</b>	كرينة ( امراد $CO_2$ )
<b>Centrifuge</b>	جهاز طارد عن المركز
<b>Computer</b>	الحاسوب ( الكمبيوتر )
<b>Conversion</b>	التحويل
<b>Diffusion</b>	الانتشار
<b>Distillation</b>	التقطير
<b>Detergent</b>	منظف
<b>Desilication</b>	إزالة السليكا



<b>Dichloramine</b>	أمين ثنائي الكلور
<b>Domestic waste water</b>	مياه منزلية معذومة
<b>Development</b>	تطوير
<b>Dyes</b>	اصباغ
<b>Definition</b>	تعريف
<b>Double stages</b>	ثنائي المرحلة
<b>Depolarisation</b>	إزالة الاستقطاب
<b>Deaeration</b>	إزالة الهواء
<b>Diatomaceous earth</b>	التراب الدياتومي
<b>Dry process</b>	الطريقة الجافة
<b>Digestion</b>	هضم
<b>Disinfectant</b>	كبابات قاتلة للكائنات الدقيقة
<b>Differential thermal analysis</b>	التحليل الحراري التفاضلي
<b>Degree of polymerisation</b>	درجة البلمرة
<b>Dyeability</b>	قليلة الاصطباغ
<b>Durability</b>	قابلية التحمل
<b>Digester</b>	هاضمة
<b>Drop corrosion</b>	تآكل القطرة
<b>Decomposition voltage</b>	جهد التحلل
<b>Disperse dyes</b>	الاصباغ المنتشرة
<b>Di – azo</b>	ثنائية الأزو
<b>Direct azo dyes</b>	اصباغ أزو مباشر

<b>Direct dyes</b>	الأصباغ المباشرة
<b>Developed dyes</b>	الأصباغ المظهرة
<b>Energy type</b>	الطاقة المستخدمة
<b>Eutrophication</b>	النمو غير الطبيعي ( الإخصاب )
<b>Emulsifying</b>	استحلاب
<b>Efficiency</b>	الكفاءة
<b>Enviroment</b>	بيئة
<b>Evaporation</b>	التبخر
<b>Extraction</b>	الاستخلاص
<b>Economics</b>	اقتصاد
<b>Emulsion</b>	مستحلب
<b>Errsion</b>	تآكل فيزيائي
<b>Endothermic</b>	ماص للحرارة
<b>Exothermic</b>	باعث للحرارة
<b>Elector chemical theory</b>	النظرية الكهروكيميائية
<b>Elemental analysis</b>	التحليل العنصري
<b>Elastomer</b>	مطاطيات
<b>Emulsifying</b>	عامل استحلاب
<b>Electrolytic cells</b>	الخلايا الالكتروليتيية
<b>Erosion corrosion</b>	تآكل التعرية
<b>Free energy</b>	الطاقة الحرة
<b>Fitteration</b>	ترشيح

<b>Factor affecting</b>	<b>العوامل المؤثرة</b>
<b>Free radical</b>	<b>جذر حر</b>
<b>Flax</b>	<b>كتان</b>
<b>Fibro</b>	<b>ألياف الفايبرو</b>
<b>Fortisan</b>	<b>ألياف فورتسان</b>
<b>Fusion</b>	<b>الصهر الاندماجي</b>
<b>Fining</b>	<b>التهديب</b>
<b>Fuel oil</b>	<b>زيوت الوقود</b>
<b>Fractional distillation</b>	<b>التقطير التجزيئي</b>
<b>Fragrances</b>	<b>عطر، شذى ، عبير، أريج</b>
<b>Feeding</b>	<b>التغذية ( التلقيم )</b>
<b>Fungicide</b>	<b>كيمياوياً تقاتلة للعفن ( الفطريات )</b>
<b>Foam</b>	<b>رغوة</b>
<b>Fertilizer</b>	<b>أسمدة</b>
<b>Fog</b>	<b>ضباب</b>
<b>Furfural</b>	<b>حلقة الفورفورال الخماسية</b>
<b>Glass fibre</b>	<b>ألياف الزجاج</b>
<b>Gasoline</b>	<b>كازولين ( وقود سيارات )</b>
<b>Gamacellulose</b>	<b>كاما سليلوز</b>
<b>Gypsy moths</b>	<b>أنثى البرغوث</b>
<b>Galvanic cells</b>	<b>الخلايا الكلفاتية</b>
<b>Gas polarization</b>	<b>استقطاب الغاز</b>

<b>Galvanic corrosion</b>	التآكل الكلفاني
<b>Galactose</b>	كالأكتوز
<b>Galactan</b>	كالأكتان
<b>Hydration</b>	تميو
<b>Hydrolysis</b>	التحلل المائي
<b>Hydrophilic</b>	ميل إلى الماء ( محبة للماء )
<b>Hydrophobic</b>	ميل عن الماء ( كارهة للماء )
<b>Heatexchangrers</b>	المبادلات الحرارية
<b>Hemp</b>	ألياف القنب
<b>Halflife</b>	نصف العمر
<b>Heterogenous</b>	غير متجانسة
<b>Homogenous</b>	متجانسة
<b>Hydroformylation</b>	إضافة الفورمالديهايد
<b>Hydrolysis of ester</b>	التحلل المائي للأستر العسرة
<b>Homopolymer</b>	بوليمر متجانس
<b>Heteropolymer</b>	بوليمر غير متجانس
<b>Halogenation</b>	هلجنة
<b>Holocellulose</b>	هولو سليلوز ( جميع السليلوز )
<b>Hemicellulose</b>	هيميسليلوز ( نبتوز )
<b>Herbicides</b>	مبيدات الأعشاب
<b>Industrial</b>	صناعية
<b>Insurance</b>	تأمين

<b>Industrialwastewater</b>	المياه الصناعية المعذومة
<b>Initiationstep</b>	مرحلة البدء
<b>Initiators</b>	بأدي ( مبتدئات التفاعل )
<b>Indigo</b>	النيلة ( الصبغة الزرقاء )
<b>Inorganictheory</b>	النظرية اللاعضوية
<b>Intermediaterefinaries</b>	المصافي المتوسطة
<b>Isomerisation</b>	الازمرة ( الايزوميرية )
<b>Indirectattack</b>	التآكل غير المباشر
<b>Inhibitor</b>	ماتعات
<b>Insecticide</b>	مبيدات ( كيمياويات قاتلة ) للحشرات
<b>Invertsugar</b>	السكر المعكوس ( النقلب )
<b>Ionicexchanger</b>	المبادلات الايونية
<b>Invertase</b>	أنزيم الانقلاب
<b>Jute</b>	الجوت
<b>Juvenil</b>	صبا
<b>Kenaf</b>	ألياف التيل
<b>Kiln</b>	فرن
<b>Kestose</b>	الكيستوز
<b>Limestone</b>	حجر اللايم ( الكلس )
<b>Labourcost</b>	الأيدي العاملة
<b>Lime-sodaprocess</b>	الصودا - عملية الجير
<b>Lewisacld</b>	حوامض لويس



<b>Livingpolymers</b>	البوليمرات الحية
<b>Lurax</b>	شعيرات لوريكس
<b>Lacquers</b>	الدهانات
<b>Lubricant oil</b>	زيت التزييت
<b>Lightmaphta</b>	النفثا الخفيفة
<b>Lactose</b>	سكر الحليب ( لاكتوز )
<b>Linseed</b>	زيت الكتان
<b>Liming</b>	الترويق
<b>Lime</b>	الجير الحي
<b>Lignin</b>	لكنين
<b>Leathaldose</b>	الجرعة المميتة
<b>Metabolism</b>	أيوض
<b>Mechanism</b>	ميكانيكية
<b>Methods</b>	طرائق
<b>Monochloroamine</b>	أمين أحادي الكلور
<b>Monomers</b>	المونيمرات
<b>Microgiologicalcorrosion</b>	التآكل الميكروبيولوجي
<b>Modificationofthyenviroment</b>	تعديل البيئة
<b>Metalliccoatings</b>	التغطيات الفلزية
<b>Market-orientedrefinaries</b>	مصافي الأسواق
<b>Mixedbase</b>	مشترك القاعدة
<b>Molas</b>	عسل السكر أو الدبس ( المولاس )



<b>Micelles</b>	مايسلات (عناقيد )
<b>Moleauarsieve</b>	الغربال الجزئي
<b>Macromolecules</b>	الجزئيات الكبيرة (بولمر )
<b>Madder</b>	الفوه
<b>Mauvine</b>	صبغة الموفين
<b>Melanodine</b>	ميلانودين
<b>Mono-azo</b>	أحادي الآزو
<b>Mordantdyes</b>	الأصباغ المثبتة
<b>Marc</b>	الكسبة ( التلف )
<b>Microscopic galvanic cells</b>	خلايا كلفاتية مجهرية
<b>Non-ionic</b>	لا أيونية
<b>Non-biodegradable</b>	لا تتحلل بايولوجيًا
<b>Number</b>	عدد
<b>Nucleophile</b>	باحث عن النواة
<b>Natruralrubber</b>	مطاط طبيعي
<b>Nettle</b>	ألياف النتل
<b>Naphthenisbase</b>	نفثيني القاعدة
<b>Nitrolime</b>	النيترولايم ( النتروجين الجيري)
<b>Oxidability</b>	قابلية الأكسدة
<b>Ores</b>	خامات
<b>Oranincinhibitors</b>	المانعات العضوية
<b>Orgin</b>	أصل

Organic theory	النظرية العضوية
Osmosis	التنافذ
Oleum	الداخن
Optical activity	الفاعلية الضوئية
Organic coating	تغطيات العضوية
Pressing	العصر
Protective materials	مواد مانعة الأكسدة
Process	عملية
Principle	أسس
Purification	تنقية
Pressure	الضغط
Physical state	الحالة الفيزيائية
Pilot plants	الوحدات الصناعية التجريبية
Plant location	موقع المصنع
Polymers	الجزئيات الكبيرة (البوليمرات تشمل: البلاستيك، والألياف، والمطاط)
Polymerisation	بلمرة
Propagation step	مرحلة التكاثر أو النمو
Petrochemical	بارافيني القاعدة
Paraffinic base	أسفلت التبليط
Paving tar	مستقطب
Polar	الطور

<b>Perfume</b>	أسمنت بورتلاند
<b>Portland cement</b>	لب ( عجينة ) الورق
<b>Pulp</b>	تلوث
<b>Pollution</b>	الاستقطاب
<b>Polarization</b>	مبيدات
<b>Pumps or syringes</b>	مضخات أو حاقنات
<b>Quinonoid structures</b>	تركيبات كوينونودية
<b>Regulators</b>	منظمات
<b>Reaction</b>	تفاعل
<b>Reactants</b>	المواد المتفاعلة
<b>Resources</b>	مصادر
<b>Raw materials</b>	المواد الخام والأولية
<b>Research</b>	بحث
<b>Reins</b>	راتنجات
<b>Resoles</b>	الريزولات
<b>Retting</b>	التعطين ( النقع )
<b>Renet</b>	إنزيم الرنين
<b>Refractive index</b>	معامل الانكسار
<b>Rickettsiae</b>	الركتسيات
<b>Raffinose</b>	الرافينوز
<b>Rock - catcher</b>	ماسكات الحجارة
<b>Reactive dyes</b>	الأصبغ الفعالة

<b>Reversible cells</b>	الخلايا العكسية
<b>Repeating unit</b>	الوحدة المتكررة
<b>Ramie</b>	ألياف الرامي
<b>Royal purple</b>	الجمرة الملكية
<b>Soap</b>	الصابون
<b>Saponification</b>	عملية الصوبنة
<b>Salting out</b>	الإزاحة الملحية
<b>Setting</b>	عملية التركيد
<b>Sudsregulators</b>	منظمات الرغوة
<b>Semipolar</b>	شبه مستقطب
<b>Sulphonation</b>	السلفنة
<b>Sulphation</b>	السلفه ( الكبرته )
<b>Sulrry</b>	السلري ( الرداغ )
<b>Sewage</b>	فضلات المياه
<b>Steps</b>	خطوات
<b>Separation</b>	فصل
<b>Storage</b>	خزن
<b>Silicate-scales</b>	ترسبات السلكات
<b>Silicic acid</b>	حامض السيليسيك
<b>Synthetic rubber</b>	مطاط صناعي
<b>Scotching</b>	التنفيض
<b>Sunn</b>	ألياف القنب الهندي

<b>Silk</b>	حرير طبيعي
<b>Shredding</b>	يعزم
<b>Sand</b>	رمل
<b>Salt cake</b>	ملح الكيك
<b>Shaping or forming</b>	التشكيل
<b>Surface conversion coatings</b>	تغطيات تحويل السطح
<b>Sacrificial anodic</b>	الأنودات المضحية
<b>Scrap iron</b>	حديد خردة
<b>Source oriented refineries</b>	مصافي مصادر الإنتاج
<b>Simple distillation</b>	التقطير البسيط
<b>Selectivity</b>	انتقائية
<b>Soft bases</b>	قواعد ناعمة
<b>Suspension</b>	معلق
<b>Smoke</b>	دخان ( ضباب )
<b>Solubility</b>	قابلية الذوبان
<b>Sterilisation</b>	التعقيم
<b>Sulphate pulp</b>	عجينة الكبريتات
<b>Sulphite pulp</b>	عجينة الكبريتيت
<b>Surface tension</b>	الشد السطحي
<b>Standard electrode potential</b>	الجهد الكهربائي القياسي
<b>Saponin</b>	السابونين
<b>Sedimentation</b>	الترديد

<b>Sulfitation</b>	المعالجة بثاني أكسيد الكبريت
<b>Saccharimeter</b>	مقياس السكر
<b>Swelling</b>	الانتفاخ
<b>Semichemical</b>	نصف كيمياوية
<b>Sex attractants</b>	الجاذبات الجنسية
<b>Soil corrosion</b>	تآكل في التربة
<b>Smog</b>	الدخان الضبابي
<b>Specific volume</b>	الحجم النوعي
<b>Stray currents</b>	التيارات الشاردة
<b>Stress corrosion</b>	التآكل الإجهادي
<b>Sulphur dyes</b>	أصبغ الكبريت
<b>Sulphur black</b>	أسود الكبريت
<b>Temperature</b>	حرارة
<b>Transport</b>	النقل
<b>Termination step</b>	مرحلة الانتهاء
<b>Trichloroacetic acid</b>	حامض الخليك الكلور
<b>Tans esterification</b>	أسترة ترانس
<b>Thermo setting</b>	متصلبة حرارياً
<b>Thermo plastic</b>	بلاستيك مطاوع للحرارة
<b>Textile</b>	أنسجة
<b>Tussah</b>	حرير توساه
<b>Tank furnace</b>	الأفران الحوضية



<b>Treatment</b>	<b>معالجة</b>
<b>Tyrian purple</b>	<b>القرمز السوري</b>
<b>Turkey red</b>	<b>الحمرة التركية</b>
<b>Tyrosin</b>	<b>تيروسين</b>
<b>Trash - catcher</b>	<b>ماسكات الأوراق</b>
<b>Trash-azo</b>	<b>ثلاثية الأزو</b>
<b>Thermal pullotion</b>	<b>التلوث الحراري</b>
<b>Unit process</b>	<b>وحدات العمليات الكيميائية</b>
<b>Unit operations</b>	<b>وحدات العمليات الفيزيائية</b>
<b>Viny</b>	<b>فاينيل</b>
<b>Vulcanisation</b>	<b>فلكنة ( نقشية )</b>
<b>Vitreous enamel coatigs</b>	<b>تغطيات الميناء الخارجي</b>
<b>Vacuum distillation</b>	<b>تقطير تحت ضغط مخلخل</b>
<b>Vander weals forces</b>	<b>قوي فاندرفالز</b>
<b>Vat dyes</b>	<b>أصبغ الأحواض</b>
<b>Water softening</b>	<b>تيسير الماء</b>
<b>Water treatment</b>	<b>معالجة المياه</b>
<b>Wet process</b>	<b>الطريقة الجافة</b>
<b>Whey</b>	<b>الشرش</b>
<b>Woad</b>	<b>نبات الوسمة</b>
<b>Wettability</b>	<b>القابلة على الابتلال</b>
<b>Xanthation</b>	<b>زنثته</b>

<b>Yeasts</b>	<b>خمائر</b>
<b>Yields</b>	<b>الحاصل (الناتج )</b>
<b>Zwitterionic</b>	<b>هجين (ثنائية التأين )</b>

\* \* \*



## الملاحق

أسماء بعض الأحماض الدسمة مع درجات الغليان والانصهار ومكان وجودها

مكان الوجود	درجة الغليان	درجة الانصهار	الصيغة	اسم الحمض
زيت جوز الهند - زبدة البقر	163.5	4.7-	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{COOH}$	حمض البوتريك ( الزبدة)
زبدة البقر والماعز وبت جوز الهند	237.5	16.2	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$	حمض الكابرليك
زيت الغا - زيت جوز الهند	225	48	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$	حمض اللوريك
زيت نوي التخليل ومعظم الزيوت	273	63	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$	حمض البالمتيك
معظم الزيوت	291	70	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$	حمض الستياريك
زيت الزيتون	286	14	$\text{CH} = (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3$ $\parallel$ $\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	حمض الأولينيك
زيت الخروع	226	5	$\text{CH} = \text{CH}_2 - \text{CH} - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}_3$ $\parallel$ $\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$	حمض أريسيولينيك

تابع : أسماء بعض الأحماض الدسمة مع درجات الغليان والانصهار ومكان وجودها

مكان الوجود	درجة الغليان	درجة الانصهار	الصيغة	اسم الحمض
زيت فول الصويا	226	-14	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \parallel \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} \end{array}$	حمض اللينولينيك
زيت القنب	328	77	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$	حمض الأراشيدك
زيت فول الصويا	-	-	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{24} - \text{COOH}$	حمض السيروتيك
زيت الكتان وفول الصويا	230	9.5-	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3 \\ \parallel \\ \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH} \end{array}$	حمض اللينولينيك

النسب المئوية للأحماض الدهنية في بعض الدهون والزيوت

زيت الذرة	زيت الكتان	زيت الخروج	زيت التخيل	زيت الزيتون	زيت اللفت	زيت فول الصويا	زيت اللفت بذر القطن	زيت فول السوداني	زيت جوز الهند	دهن البحر	دهن الخنزير	دهن الزبد	اسم الحمض
-	0.2	2.4	1.5	1.2	-	0.1	0.5	-	18	2.7	0.7	17.7	حمض الميريستيك
7.8	5.4	-	42.9	15.6	2	9.8	21.9	8.3	9	27	25.2	16	حمض البالمتيك
3.5	3.5	-	2.7	2	-	2.4	1.9	3.1	1	23.9	12.8	3.7	حمض ستيريك
0.4	0.6	-	-	-	0.5	0.9	0.1	2.4	-	0.8	-	-	حمض أراشيديك
46.3	19	7.4	-	64.6	15	28.9	30.7	56	7.6	40.6	54.2	48	حمض الأوليك
41.8	24	3.1	39.8	15	16	50.7	44.9	26	1.6	1.8	7.1	-	حمض اللينوليك
-	-	-	11.3	-	1.5	-	-	3.1	-	-	-	-	حمض بينيك
-	47	-	-	-	7	6.5	-	-	-	-	-	-	حمض اللينولينيك
-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.4	-	-	5	حمض لوريك
-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.8	-	-	1.3	حمض كابرليك
-	-	-	-	1.6	3.5	0.5	-	1.1	-	-	-	0.4	أحماض متنوعة



بعض معامل التحويل المهمة

لتحويل	إلى	يضرب في
كيلو جرام	باوند	2.02
باوند	كيلوجرام	0.454
لتر	جالون	0.22
جالون	لتر	4.55
سنتيمتر	انجستروم	$10^8$
سنتيمتر	قدم	0.033
قدم	سنتيمتر	30.48
سعر	ب . ت . يو	$3.97 \times 10^{-3}$
سعر	جول	4.185
جول	ب . ت . يو	$9.48 \times 10^{-4}$
ثيرم	ب . ت . يو	$10^5$
جول	كيلو وات - ساعة	$2.78 \times 10^{-7}$
وات	ب . ت . يو / ساعة	3.413
وات	حصان - ساعة	0.00134

## المراجع

- 1- (( الكيمياء الصناعية - الأسس التكنولوجية ))  
هلموت ستايف - ترجمة م. محمد اسماعيل عبد اللطيف - دار الأهرام -  
القاهرة 1996 .
- 2- (( العمليات الصناعية الكيميائية ))  
نورس شريف - ماجروهيل - 2001 .
- 3- (( الكيمياء الصناعية - الصناعات النتروجينية والفوسفورية ))  
د.عزيز أمين - جامعة بغداد 1992 .
- 4- (( مبادئ الكيمياء الصناعية ))  
كريس كلاوسن - كاي مانسون - ترجمة د. عزيز أمين - جامعة  
بغداد - 1995 .
- 5- (( أسس الكيمياء الصناعية ))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار الفجر للنشر والتوزيع - القاهرة 2005 .
- 6- (( المدخل الي الكيمياء العضوية الصناعية ))  
بتروايزمان - ترجمة د.صلاح يحياوي وآخرون 1999 .
- 7- (( الكيمياء في الهندسة ))  
لويدموزو - برنتس هول - نيوجيرس 1995 .
- 8- (( كيمياء المهندسين ))  
كارنميل . ترجمة د. عزيز أمين ، د. ثروت صالح - جامعة بغداد 1998 .
- 9- (( الكيمياء الصناعية ))  
د . لوركيس عبد آل آدم - جامعة البصرة 1996 .

10- « الصناعات الكيميائية التجارية »

م. عبد الكريم درويش - دار المعرفة - دمشق 1994 .

11- « أسرار صناعة العطور »

كيميائي محمد اسماعيل عمر - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - القاهرة  
- مصر 2003 .

12- « تكنولوجيا تصنيع المطاط »

كيميائي محمد اسماعيل عمر - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - القاهرة  
- مصر 2003 .

13 « كيمياء البوليمرات »

أ.د. محمد مجدي واصل - دار الفجر للنشر والتوزيع - القاهرة 2005 .

\* \* \*

## المحتويات

الموضوع	الصفحة
• الإهداء.....	4
• المقدمة.....	7
الباب الأول : أهمية الصناعات الكيميائية.....	11
1- مميزات الصناعات الكيميائية.....	11
- المنافسة.....	11
- التقنية.....	12
- البحث والتطوير.....	12
- متطلبات رأس المال.....	13
- الأيدي العاملة.....	14
- التكامل.....	14
2- المفاهيم الأساسية في الصناعات الكيميائية.....	15
(1) عمليات التحول الكيميائي.....	16
(2) عمليات التشغيل الفيزيائية.....	16
- التحول والكفاءة والحصيلة.....	17
أولاً : التحول الكيميائي.....	17
ثانياً : الحصة.....	17
- مقارنة بين الكيمياء النظرية والكيمياء الصناعية.....	19
- تقييم التفاعلات الكيميائية.....	22
- التقييم الاقتصادي.....	23
- التقييم التقني.....	23
- أنواع الصناعات الكيميائية.....	29

الموضوع	الصفحة
1- الصناعات الكيميائية اللاعضوية.....	30
2- الصناعات البتروكيميائية.....	30
3- صناعة المركبات العضوية.....	30
4- صناعة المنتجات الكيميائية.....	30
5- صناعة المنتجات البلاستيكية.....	30
6- صناعة المنتجات الكيميائية التقنية.....	30
7- صناعة الألياف الكيميائية.....	31
8- صناعة المطاط والأسبست.....	31
9- صناعة المنتجات الصيدلانية والعقاقير الطبية.....	31
- الأسئلة.....	32
الباب الثاني : العمليات الفيزيائية في الصناعات الكيميائية.....	33
- العمليات الفيزيائية في الصناعات الكيميائية.....	33
- العمليات الفيزيائية الميكانيكية.....	34
1- عمليات النقل.....	34
2- التقطيع.....	34
- التقطيع العمودي.....	34
- التقطيع الأفقي.....	34
- التقطيع بتأثير الدفع المركزي.....	35
- طريقة زيلين.....	36
- الطريقة السويدية.....	36
3- عمليات التكسير والسحق.....	37
- الفصل بالمنخل ( الغربال ).....	40
- العوامل المؤثرة على عملية الغربلة.....	41
- الفرز بالهواء.....	42
- الفصل الرطب.....	43
- جهاز فصل مائي دوار.....	44

الموضوع	الصفحة
- فصل المواد الصلبة في المجال الكهربائي .....	45
- فصل المواد الصلبة في المجال المغناطيسي .....	45
- عملية التوكيد .....	46
- عملية التعويم .....	47
- مواد التجميع السالبة .....	48
- مواد التجميع الموجبة .....	48
- الفصل بواسطة قوة الدفع المركزي .....	49
- عملية الترشيح .....	52
أولاً : المرشح الضاغط .....	54
- المرشح الإطاري .....	54
- المرشح الغرفي .....	54
ثانياً : المرشح الدوار .....	55
- الأسئلة .....	58
الباب الثالث : صناعة السكر .....	59
- مقدمة .....	59
- قصب السكر .....	59
- البنجر السكري .....	59
- السكروز .....	60
- صناعة السكر من البنجر .....	60
أولاً : نقل البنجر وتقطيعه .....	60
ثانياً : استخلاص السكر من البنجر بالتنافذ .....	62
ثالثاً : تنقية العصير .....	63
- عمليات التنقية الإضافية .....	66
رابعاً : التبخير والتسخين .....	66



الموضوع	الصفحة
خامساً : التبلور .....	66
- صناعة السكر من قصب السكر .....	67
- تصفية السكر الخام .....	68
- أنواع أخرى من السكر .....	69
- النشا والنواتج التي لها علاقة به .....	69
- صناعة النشا والديكسترين والديكستروز من الذرة .....	70
- المولاس .....	71
- استخلاص السكر من المولاس .....	71
- طريقة السكرات .....	71
أ- طريقة الكلس ( أو طريقة ستيفن ) .....	71
ب- طريقة السترونتيوم .....	72
ج - طريقة الباريوم ( طريقة باريت ) .....	72
- الأسئلة .....	74
الباب الرابع : صناعة الألبان .....	75
- مقدمة .....	75
- الحليب .....	75
- الحليب ومكوناته .....	76
1- الدهنون .....	77
2- بروتينات الحليب .....	78
أ- بروتينات الكازاين ( الكازاينات ) .....	78
ب- بروتينات الشرش .....	80
3- المركبات النتروجينية غير البروتينية .....	81
4- سكر الحليب ( اللاكتوز ) .....	81
- صناعة سكر الحليب .....	81

الموضوع	الصفحة
5- أملاح الحليب .....	83
6- الفيتامينات .....	84
7- الأنزيمات .....	84
- الخواص الفيزيوكيميائية للحليب .....	85
- التفاعل الكيميائي للحليب .....	86
- درجة تجمد الحليب ودرجة غليانه والحرارة النوعية .....	87
- لزوجة الحليب .....	87
- معامل الانكسار .....	88
- الأحياء المجهرية في الحليب وتطهيره .....	88
1- المجموعات البايوكيميائية .....	89
2- الأحياء المنتجة للغازات .....	89
3- الحليب اللزج ( الخيطي ) .....	89
4- التحلل البروتيني والتجبن الحلو .....	89
5- تحلل الدهون .....	89
- الصفات الميكروبيولوجية لمنتجات الحليب .....	90
1- المثجبات اللبنية .....	90
2- الزبد .....	90
3- الجبن .....	90
- إعداد الحليب من المزروعة واستلام الحليب .....	90
- إعداد الحليب ومعاملته في معمل الألبان .....	91
- فراز القشطية .....	92
- الحليب المجنس .....	92
- المعاملات الحرارية للحليب .....	92
1- البسترة .....	92

الموضوع	الصفحة
2- تعقيم الحليب .....	92
- فرز الحليب وصناعة القشطة .....	93
- طرق فرز الحليب .....	93
- صناعة الزبد .....	94
- صناعة المتلجات اللبنية .....	94
- صناعة الجبن .....	94
- صناعة مخمرات الحليب .....	97
- طريقة صناعة اللبن .....	97
- الأسئلة .....	98
الباب الخامس : الصناعات الغذائية الحديثة .....	99
- مقدمة .....	99
1- الحليب الصناعي .....	100
2- البروتينات النسيجية .....	100
3- منتجات الألبان الصلبة .....	102
4- الصناعات التخمرية .....	102
5- الخمائر .....	103
6- صناعة البروتين وحيد الخلية .....	105
- مراحل صناعة البروتين .....	105
7- صناعة خميرة الخبز .....	106
8- صناعة الغذاء الحيواني عالي البروتين .....	107
9- استعمالات أخرى صناعية للمولاس .....	107
- بواسطة الخميرة .....	107
- بواسطة البكتريا .....	107
- بواسطة التخمر الهوائي .....	108

الموضوع	الصفحة
أ- التخمر مع البكتريا	108
ب- التخمر مع الفطريات	108
- الأسئلة	110
الباب السادس : صناعة الصابون	111
- مقدمة	111
- التصبن	112
- المرحلة الأولى	113
- المرحلة الثانية	113
- المرحلة الثالثة	113
- سرعة تصبن الجليسيريدات الثلاثية	115
- آلية عمل الصابون من حيث هو منظف	116
- المواد الأولية اللازمة لصناعة الصابون	116
أولاً : المواد والأحماض الدهنية	116
أ- الشحوم والدهون الحيوانية	117
ب- الزيوت النباتية	118
ج - نواتج تكرير الزيوت	118
د- الزيوت البحرية	118
ثانياً : المواد القلوية	118
ثالثاً : المواد المضافة	119
- صناعة الصابون وفق الطريقة غير المستمرة	119
1- التصبن	119
2- فصل الصابون	120
3- تنقية الصابون	120
4- تفريغ الصابون وإضافة المواد المرغوب بها	121

الموضوع	الصفحة
5- تجفيف الصابون .....	121
- صناعة الصابون بالطريقة المستمرة .....	122
- صناعة الصابون بالطريقة الباردة .....	122
- صناعة بعض الأنواع الأخرى من الصابون .....	123
أولاً : صناعة صابون الزينة (التواليت) .....	123
ثانياً : صناعة الصابون السائل .....	124
ثالثاً : صناعة صابون الحلاقة .....	124
رابعاً : صناعة الصابون الطبي .....	124
- الأسئلة .....	125
الباب السابع : صناعة المنظفات الصناعية .....	127
- مقدمة .....	127
- المواد الفعالة سطحياً .....	128
أ- المواد ذات الشحنة الأيونية الموجبة .....	128
ب- المواد ذات الشحنة الأيونية السالبة .....	130
- صناعة الدوديسيل بنزن سلفونات .....	130
- تحضير سلسلة الدوديكان .....	130
- ألكلة البنزول بسلسلة الدوديكان .....	130
- مرحلة السلفنة .....	132
- مرحلة التعديل .....	133
- مرحلة التجفيف .....	133
- صناعة سلفونات الألكيل .....	134
- صناعة سلفو أسيتات .....	134
- صناعة سلفات الألكيل .....	135
ج- المواد (المنظفات) غير الأيونية .....	136

الموضوع	الصفحة
- ألكيل - بولي أثيلين جليكول .....	136
- بولي أكسي أثيلين ألكيل أمين .....	137
- المذيبات العضوية .....	137
- المبيضات الصباغية .....	137
- صناعة محضرات الغسيل .....	138
- المواد المقوية .....	138
- بيرو فوسفات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) .....	138
- ب- تري بولي فوسفات الصوديوم ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) .....	139
- المواد المانعة لإعادة ترسب الأوساخ علي الألبسة .....	139
- المواد المانعة للصدأ .....	139
- منظّمات الإرغاء .....	140
- المواد المبيضة .....	140
- المبيضات الصباغية .....	140
- المواد المعطرة .....	141
- المواد الطبية .....	141
- صناعة الشامبو .....	141
- الأسئلة .....	143
الباب الثامن : صناعة الروائح العطرية .....	145
- مقدمة .....	145
- خواص الزيوت العطرية .....	146
- مصادر الزيوت العطرية .....	146
أولاً : الزيوت العطرية ذات المنشأ الحيواني .....	146
- أ- المسك .....	147
- ب- العنبر .....	147



الموضوع	الصفحة
ج - الكاستور .....	147
ثانيًا : الزيوت العطرية ذات المنشأ النباتي .....	148
أ- زيت النعناع .....	148
ب- زيت الياسمين .....	149
ج - زيت الورد .....	149
د- زيت البنفسج .....	150
هـ- زيت الليمون .....	150
و- زيت الكافور .....	151
ثالثًا : الزيوت العطرية ذات المنشأ الصناعي .....	151
أ- أحاديات التربين المفتوحة اللا حلقة .....	152
ب- أحاديات التربين أحادية الحلقة .....	152
ج - أحاديات التربين ثنائية الحلقة .....	153
د- سيسكوتيربينات .....	153
- طرق استخلاص الزيوت العطرية من النباتات .....	154
1- طريقة التقطير بالبخر .....	154
2- طريقة الامتصاص .....	154
3- طريقة الاستخلاص بالمنبيات .....	155
4- طريقة العصر .....	156
- صناعة الروائح العطرية .....	156
أ- الزيوت العطرية .....	157
ب- المنبيات .....	157
ج - الماء .....	158
د- المثبتات .....	158

الموضوع	الصفحة
- المثبتات النباتية.....	158
- المثبتات الحيوانية.....	159
- المثبتات الاصطناعية.....	159
هـ - المواد الملونة.....	159
- صناعة ماء الكولونيا.....	160
- صناعة روائح اللوسيون.....	160
- صناعة روائح الأكستريه.....	161
- الأسئلة.....	163
الباب التاسع : صناعة الدهون والزيوت.....	165
- مقدمة.....	165
- جليسيريدات بسيطة.....	166
- جليسيريدات مختلطة.....	166
- الخواص العامة للزيوت والدهون.....	167
- التركيب الكيميائي للمواد الدسمة.....	168
(أ) الأحماض المشبعة.....	168
(ب) الأحماض غير المشبعة.....	169
(ج) الفوسفاتيدات.....	169
(د) الشموع.....	170
- السبيرماسيتي.....	170
- اللانولين.....	171
(هـ) الستيرولات.....	171
(و) المواد الصباغية.....	172
- الخواص الكيميائية للمواد الدهنية.....	172
(أ) تأثير الهواء والأكسجين.....	172
أولاً : أكسدة الزيوت الجافة.....	173

الموضوع	الصفحة
ثانيًا : أكسدة المواد الدسمة العادية .....	173
(ب) تأثير الهيدروجين .....	173
(ج) تأثير الحرارة .....	174
(د) تأثير القلويات ( التصبن ) .....	174
(هـ) تأثير الكحولات .....	174
(و) تأثير الكبريت .....	175
- استخلاص الزيوت النباتية .....	175
(أ) إنتاج زيت بذر القطن بالعصر والاستخلاص بالمنقيات .....	176
(ب) تحضير زيت الزيتون .....	178
- عمليات التنقية والمعالجات اللاحقة .....	180
أ- التكرير ( التنقية القلوية ) .....	180
ب- إعادة التكرير .....	181
ج- التبييض .....	182
د- إزالة الرائحة .....	182
هـ- الهدرجة .....	183
- التزنخ .....	186
- أنواع التزنخ .....	186
- التزنخ التحليلي .....	186
- التزنخ التأكسدي .....	187
- العوامل التي تقلل من حدوث التزنخ .....	188
- استخلاص الزيوت البحرية .....	188
- مواصفات الزيوت المهدرجة والمرجرين .....	189
- مجالات استخدام المواد الدهنية .....	190
- الأسئلة .....	191

الموضوع	الصفحة
الباب العاشر : صناعة الأحماض الدهنية .....	193
- مقدمة .....	193
- إنتاج الأحماض الدهنية من التحلل المائي للمواد الدهنية .....	193
- التحلل المائي الحامضي .....	195
- التحلل المائي القلوي .....	195
- التحلل المائي المستمر .....	196
- تنقية المواد الدهنية .....	197
- صناعة الأحماض الدهنية من أكسدة البرافينات .....	198
- تفاعلات أكسدة البرافينات والحصول على الأحماض الدهنية ....	198
- الاستعمالات الصناعية للأحماض الدهنية .....	200
- صناعة الجليسرين .....	201
- طرق الحصول على الجليسرين .....	201
أ- الحصول على الجليسرين من التحلل المائي للمواد الدهنية .....	201
ب- صناعة الجليسرين من المواد البتروكيميائية .....	202
- الاستخدامات الصناعية للجليسرين .....	204
- الأسئلة .....	205
الباب الحادي عشر : صناعة وقود مشتقات البترول .....	207
- الوقود الغازي .....	207
- الغاز الطبيعي .....	208
أ- طريقة الضغط .....	209
ب- طريقة التجفيف .....	210
ج- طريقة جيربوتول .....	210
- غاز التصفية .....	210

الموضوع	الصفحة
- الغاز الصناعي.....	211
- تفاعلات بخار الماء مع الفحم.....	211
- غاز الفحم.....	212
- إسالة الغاز الطبيعي.....	212
- جازولين الطيران.....	218
- الاحتراق في محركات الاشتعال بالشرارة.....	219
- متطلبات نوعية جازولين الطائرات.....	227
أ- مميزات ضد القرقة.....	227
ب- التطايرية.....	228
ج - الطاقة النوعية والكثافة.....	230
د- نقطة التجمد.....	230
هـ- نقطة الوميض.....	230
- وقود المحركات التوربينية.....	231
- الجازولين.....	234
- متطلبات مضادات القرقة في محرك السيارة.....	234
أ- النسبة الانضغاطية.....	236
ب- تنظيم فترة الاشتعال.....	236
ج - السرعة.....	238
د- درجة الحرارة.....	238
- تطايرية الجازولين.....	238
- وقود الديزل.....	241
- الوقود المنزلي.....	244
- الوقود الزيتي.....	247
- وقود الصواريخ.....	249

الموضوع	الصفحة
- زيت الغاز .....	250
- الأسئلة .....	252
<b>الباب الثاني عشر : الطاقة وتفاعلات الصناعات</b>	
الكيميائية .....	253
الطاقة المستعملة في تفاعلات الصناعات الكيميائية.....	253
أ- الطاقة الحرارية المباشرة.....	253
ب- الطاقة الكهربائية .....	253
ج- الطاقة الميكانيكية .....	254
د- الطاقة الضوئية .....	255
هـ- الطاقة الحيوية.....	256
و- الطاقة الإشعاعية .....	257
- علاقة التفاعل الكيميائي بالحركية الحرارية تكنولوجياً .....	258
- طرق سير التفاعلات الكيميائية .....	260
أ- الطريقة المتقطعة ( غير المتواصلة ) .....	260
ب- الطريقة المتواصلة.....	261
- طرق مزج المواد المتفاعلة في المفاعلات .....	263
- سريان السائل .....	264
أ- السريان الانسيابي .....	265
ب- السريان الدوامي.....	265
1- قياس السريان .....	268
أ- أجهزة التخصر .....	268
- أنبوب فينتوري.....	268
- الصفيحة المثقوبة.....	269



الموضوع	الصفحة
- أنبوب بيتوت .....	269
- مقياس روتومتر .....	270
ب- أجهزة السرعة .....	270
ج- أجهزة الإزاحة .....	272
2- المحفزات - العوامل المساعدة .....	272
- العلاقة الأولى .....	273
- العلاقة الثانية .....	273
- تحضير المحفزات ( العوامل المساعدة ) .....	276
- مميزات المحفز .....	278
1- طرق الامتزاز .....	279
أ- الامتزاز الفيزيائي .....	279
ب- الامتزاز الكيميائي .....	281
2- الطريقة الفيزيائية .....	281
- أنواع المحفزات .....	282
1- المحفزات المتجانسة .....	282
أ- المحفزات الحامضية .....	282
ب- أحماض لويس .....	282
ج- المحفزات القاعدية .....	283
د- المحفزات العضوية - الفلزية .....	283
هـ- المحفزات المعقدة الأخرى .....	284
2- المحفزات غير المتجانسة .....	286
أ- المحفزات ذات الصفة الحامضية .....	286
ب- المحفزات المؤكسدة .....	287

الموضوع	الصفحة
ج- المحفزات المختزلة .....	288
- الأسئلة .....	291
• المصطلحات العلمية .....	293
• الملاحق .....	313
• المراجع .....	317
• المحتويات .....	319

نُمر بحمد الله وعونه

\* \* \*







## هذا الكتاب

وضع صورة مبسطة لبعض الصناعات الكيميائية التي تهتم الفرد في المجتمع وتمس احتياجاته، وذلك من خلال اثني عشر باباً، وهي : أهمية الصناعات الكيميائية - العمليات الفيزيائية في الصناعات الكيميائية - صناعة السكر - صناعة الألبان - الصناعات الغذائية الحديثة - صناعة الصابون - صناعة المنظفات الصناعية - صناعة الروائح العطرية - صناعة الدهون والزيوت - صناعة الأحماض الدهنية - صناعة وقود المشتقات البترولية - الطاقة والتفاعلات الصناعية الكيميائية .

حيث تمثل الصناعات الكيميائية ، والتي هي جزء من الصناعات المختلفة الواسعة ، قطاعاً مهماً من قطاعات الصناعات الحديثة المتطورة ، وقد بينت الإحصائيات - خاصة في النصف الثاني من القرن العشرين - أن الصناعات الكيميائية تلعب دوراً بارزاً وحيوياً في نمو الاقتصاد الوطني في كثير من البلدان الصناعية الكبيرة والنامية على السواء .

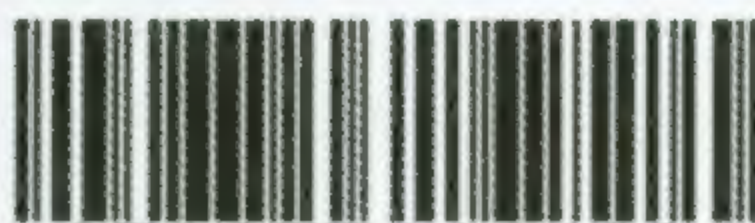
فالصناعات المختلفة تلعب - بصورة عامة - دوراً مهماً في دعم الاقتصاد الوطني والتقدم الحضاري للدول ، وقد ظهر ذلك جلياً في العصر الحديث ؛ إذ يقاس تقدم الدول بمدى تطور صناعاتها المختلفة .

ومن المعروف أن الصناعات بكاملها والاقتصاد الوطني شيان متلازمان ؛ بحيث تعتبر الصناعات عاملاً مهماً في زيادة الدخل الوطني ، ويدعم الاقتصاد الوطني بدو الصناعات وتقدمها .

## دار النشر للجامعات

الإدارة: ٤٢ ش رشدي (برج جوهر) - تليفاكس: ٢٣٩٢٩٨٧٨  
المكتبة والنسويق: ١٤ ش الجمهورية - عابدين - ت: ٢٣٩١٢٤٢٠  
ص.ب (١٣٠) محمد فريد (القاهرة ١١٥١٨)

E-mail: darannshr@yahoo.com - web: www.darannshr.com



9789773164294

Bibliotheca Alexandrina



1202730